

©Borgis

*Monika Sienkiewicz, Małgorzata Wasiela

Aktywność olejków tymiankowego i lawendowego wobec opornych na antybiotyki szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa*

Zakład Mikrobiologii Lekarskiej i Sanitarnej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. Małgorzata Wasiela

ACTIVITY OF THYME AND LAVENDER ESSENTIAL OILS AGAINST ANTIBIOTIC RESISTANT CLINICAL BACTERIAL STRAINS OF PSEUDOMONAS AERUGINOSA

SUMMARY

Essential oils and their volatile constituents are used widely to prevent and treat human disease. The possible role and mode of action of these natural products is discussed with regard to the prevention and treatment of cancer, cardiovascular diseases including atherosclerosis and thrombosis. Various essential oils produce pharmacological effects, demonstrating antibacterial, antiviral, antifungal and antioxidant properties.

The antibacterial activity of oils was tested against clinical bacterial strains of *Pseudomonas aeruginosa*. The agar dilution method was used for microbial growth inhibition at various concentrations of the oils from *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia*. Susceptibility testing to antibiotics and chemotherapeutics was carried out using disc-diffusion method. 30 strains of *P. aeruginosa* isolated from patients with infections of oral cavity, respiratory, digestive system and skin were investigated.

The results of experiments showed that the Thyme oil exhibited an extremely strong activity against all of the clinical strains. Lavender oil has been less activity against clinical strains of *P. aeruginosa*.

Thyme oil demonstrated a very good efficacy against antibiotics resistant strains of tested bacteria. Essential oils are to be an excellent alternative for synthetic preparations and that is reason for an extensive assessment of their antimicrobial activity.

KEY WORDS: ANTIBACTERIAL ACTIVITY – THYME OIL – LAVENDER OIL – ANTIBIOTIC RESISTANT STRAINS – PSEUDOMONAS AERUGINOSA

Wstęp

Ze względu na problem wzrostu oporności drobnoustrojów na antybiotyki i chemioterapeutyki stosowane powszechnie w praktyce klinicznej, olejki

eteryczne coraz częściej są obiektem zainteresowania, jako alternatywa w zwalczaniu groźnych bakterii patogennych dla człowieka.

Do grupy najsilniej działających olejków eterycznych należy olejek tymiankowy (*Thymus vulgaris* L.). Składniki olejku mają działanie wykrztuśne, pobudzają wydzielanie śluzu przez błonę śluzową układu oddechowego i wzmagają ruchy nabłonka rzęskowego (1). Inhalacje z olejku tymiankowego stosowane są w leczeniu uporczywych zakażeń dróg oddechowych. Wykazuje on udokumentowane działanie hamujące wzrost w warunkach *in vitro*, m.in. *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium smegmatis*. Stwierdzono również, że podobne działanie terapeutyczne wykazują olejki lebiodkowy (*Origanum vulgare* L.) i cząbrowy (*Satureja hortensis* L.), także zawierające tymol i karwakrol w różnych proporcjach (2). Z danych piśmiennictwa wynika, że olejki lebiodkowy i cząbrowy wykazują wysoką aktywność wobec opornych na antybiotyki szczepów klinicznych z gatunków: *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Staphylococcus aureus* opornych na metycylinę (MRSA) pochodzących z różnych materiałów klinicznych (3, 4). W badaniach własnych stwierdzono wysoką wrażliwość opornych szczepów klinicznych *Acinetobacter baumannii* na olejek tymiankowy (5).

Olejek lawendowy należy również do silnych antyseptyków. Stosowany jest w chorobach zakaźnych jamy ustnej, gardła, górnych dróg oddechowych i

płuc, a także w dermatologii do leczenia trudno gojących się ran, owrzodzeń i oparzeń. Głównym składnikiem olejku są linalol i octan linalilu (6). Olejek lawendowy (*Lavandula angustifolia* Mill.) wykazuje silne właściwości bakteriobójcze wobec *Staphylococcus aureus* MRSA, a także bakterii z rodzaju *Enterococcus* sp. opornych na wankomycynę (VRE) (7). Zgodnie z piśmiennictwem olejek ten okazał się pomocny w zwalczaniu zakażeń układu oddechowego wywołanych przez oporne na erytromycynę, amoksycylinę i cefalotynę szczepy *Haemophilus influenzae* (8). Z kolei olejek pozyskany z *Lavandula heterophylla* Avonview wykazuje działanie hamujące wzrost: *Streptococcus pyogenes*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Pseudomonas aeruginosa*, *Citrobacter freundii*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli* VRE, *Shigella sonnei* i *Propionibacterium acnes* (7, 9).

Bakterie z rodzaju *Pseudomonas* wraz z innymi rodzajami, takimi jak *Burkholderia*, *Stenotrophomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* i *Alcaligenes*, należą do niefermentujących Gram-ujemnych pałeczek biorących znaczący udział w zakażeniach szpitalnych i zaliczane są do tzw. alert patogenów. Ogromną rolę w rozprzestrzenianiu się tych bakterii w środowisku szpitalnym odgrywają sprzęt i aparatura (wenflony, cewniki urologiczne, dreny, nebulizatory, nawilżacze), a także przeprowadzane zabiegi, takie jak kolonostomia, intubacja, tracheostomia, dializa. Niebezpieczeństwo zakażenia niosą z sobą również zanieczyszczone płyny infuzyjne, krople do stosowania w okulistyce, a także woda pitna i produkty żywnościowe. Pałeczki Gram-ujemne niefermentujące wywołują zakażenia dróg moczowych, zapalenie płuc, nosogardzieli, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych po zabiegach neurochirurgicznych, zakażenia narządu wzroku.

Drobnoustroje z rodzaju *Pseudomonas* sp. wytwarzają β -laktamazy o poszerzonym spektrum, kodowane przez geny chromosomalne. Wyposażone są w szereg mechanizmów oporności na antybiotyki β -laktamowe, w tym również oporne są na tzw. penicyliny pseudomonasowe (ureidopenicyliny) i cefalosporyny (ceftazydym i cefoperazon). Cefalosporyny I i II generacji są również nieaktywne wobec pałeczek z rodzaju *Pseudomonas* sp. Z zakażeń szpitalnych wywołanych przez *Pseudomonas aeruginosa* coraz częściej izolowane są szczepy wytwarzające metalo- β -laktamazy (Zn- β -laktamazy) odpowiedzialne za oporność na karbapenemy. W ostatnim okresie notuje się spadek wrażliwości szczepów *Pseudomonas aeruginosa* na antybiotyki z grupy chinolonów, zwłaszcza na norfloksacynę. Jest to spowodowane szerszym

wprowadzeniem ich do leczenia szpitalnego i ambulatoryjnego (10-14).

Ze względu na problem pojawiania się wieloopornych na antybiotyki szczepów klinicznych z gatunku *Pseudomonas aeruginosa*, będących przyczyną groźnych zakażeń szpitalnych, podjęcie tematu działania przeciwbakteryjnego olejków eterycznych wobec tych bakterii jest w pełni uzasadnione, a otrzymane wyniki mogą okazać się cenną wskazówką dla klinicystów.

Celem niniejszej pracy było zbadanie właściwości przeciwbakteryjnych olejku tymiankowego i olejku lawendowego otrzymanych z tymianku pospolitego (*Thymus vulgaris* L.) i lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.) wobec szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa*.

Materiały i metody

Szczepy bakteryjne

Badania prowadzono na szczepach bakteryjnych należących do gatunku *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczki ropy błękitnej) pochodzących z różnych materiałów klinicznych pobranych od pacjentów leczonych na oddziałach: laryngologii, chorób wewnętrznych, chirurgii i intensywnej opieki medycznej. Szczepy wyizolowano w pracowniach mikrobiologicznych Wojewódzkiego Zespołu Zakładów Opieki Zdrowotnej Centrum Leczenia Chorób Płuc i Rehabilitacji w Łodzi oraz Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego Nr 2 w Łodzi.

Układem kontrolnym był szczep wzorcowy *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 pochodzący z kolekcji Zakładu Mikrobiologii Lekarskiej i Sanitarnej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi.

Antybiotyki i chemioterapeutyki (Becton Dickinson)

Do określania wrażliwości szczepów bakteryjnych metodą dyfuzyjno-krażkową użyto następujących antybiotyków: MZ – mezlocylina, PIP – piperacylina, CAZ – ceftazydym, GM – gentamycyna, NN – tobramycyna, AmC – amoksycylina/kwas klawulonowy, TZP – piperacylina/tazobactam, CTX – cefotaksym, ATM – aztreonam, IPM – imipenem, MEM – meropenem, NET – netilmycyna, CIP – ciprofloksacyna, SXT – trimetoprim/sulfametaksazol, C – chloramphenikol, CL – kolistyna.

Przygotowanie zawiesin drobnoustrojów używanych do określania wrażliwości na olejki eteryczne i antybiotyki

Szczep wzorcowy (*P. aeruginosa* ATCC 27853) i szczepy kliniczne badanych drobnoustrojów posiewano na stałe podłoża agarowe Columbia Agar i inku-

bowano 48 godz. w temperaturze 37°C w warunkach tlenowych. Sporządzano zawiesinę bakterii o gęstości optycznej 0,5 w skali Mc Farlanda. Używano densytometru firmy bioMerieux.

Analiza olejków eterycznych

W badaniach stosowano olejki eteryczne zakupione w firmie Pollena-Aroma, olejek tymiankowy pozyskany z zieleń tyminu pospolitego – *Thymus vulgaris* L. i olejek lawendowy otrzymany z zieleń lawendy wąskolistnej – *Lavandulae angustifolia* Mill. (syn. *L. officinalis* Chaix., *L. vera* DC). Skład olejków oznaczano metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC-FID-MS). Używano aparatu Trace GC Ultra (Thermo Electron Corporation) z dozownikiem SSL, detektorem masowym DSQ II i płomieniowo-jonizacyjnym FID; kolumna kapilarna: Rtx-1ms (Restek) 60 m x 0,25 mm; grubość filmu 0,25 µm; temp. programowana 100-245°C, narost 4°C/min; temp. dozownika 280°C; ciśn. 100 kPa, podział strumienia 1:20; gaz nośny – hel; indeksy retencji (RI) i zawartości (%): FID; temp. detektora 300°C. Widma masowe (MS): DSQII; energia jonizacji 70 eV; temp. źródła jonów 200°C. Składniki olejków eterycznych identyfikowano na podstawie RI i MS dostępnych w bibliotece wzorów Instytutu Podstaw Chemii Żywności PŁ i bibliotece NIST.

Określanie właściwości przeciwbakteryjnych olejków eterycznych metodą rozcieńczeń w podłożu stałym

Do sporządzania roztworów wyjściowych olejków eterycznych użyto 96% alkoholu etylowego. W podłożu agarowym uzyskiwano stężenia od 0,5 do 3,0 µl/ml dla olejku tymiankowego i od 9,50 do 19,50 µl/ml dla olejku lawendowego. W podobny sposób, dla każdego wariantu stężeń, uzyskano podłoża kontrolne, zawierające tylko etanol w ilości odpowiadającej objętości wykorzystanej do rozpuszczenia olejku dla prób badanych.

Na zestalone agarowe podłoża hodowlane, zawierające odpowiednie stężenia badanych olejków, przenoszono inokulat testowanych szczepów bakteryjnych. Najmniejsze stężenie badanego olejku w podłożu hodowlanym, hamujące wzrost badanych szczepów bakteryjnych (ang. MIC – *Minimal Inhibitory Concentration*), określano po 24 godz. inkubacji płytek w temperaturze 37°C w warunkach tlenowych. Dla każdego wariantu stężeń olejków, a także w przypadku prób kontrolnych, stosowano trzykrotne powtórzenia. Stwierdzono, że w podłożach kontrolnych zawierających etanol, rozpuszczalnik ten nie wpływał na wzrost badanych szczepów *P. aeruginosa*.

Oznaczenie wrażliwości badanych szczepów *P. aeruginosa* na antybiotyki

Wrażliwość badanych szczepów *P. aeruginosa* na zalecane antybiotyki i chemioterapeutyki określano metodą dyfuzyjno-krażkową na płytkach Petriego ze stałym podłożem Mueller-Hinton. Używano krażków bibułowych zawierających antybiotyki w określonych stężeniach terapeutycznych. Po 16-18 godz. inkubacji w temperaturze 37°C w warunkach tlenowych, oceniano strefy zahamowania wzrostu szczepów *P. aeruginosa* wokół krażków z antybiotykami. Wrażliwość badanych szczepów bakterii na antybiotyki określano zgodnie z zaleceniami CLSI (15).

Wyniki

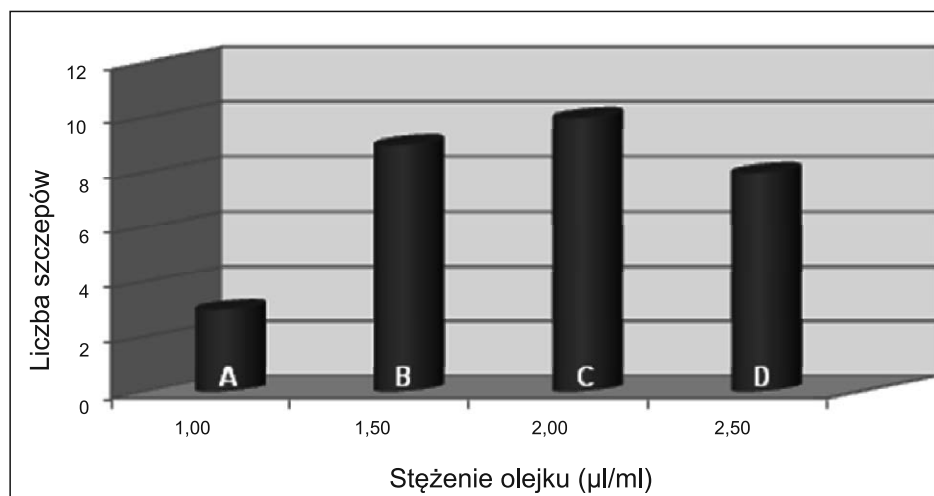
Skład chemiczny analizowanych olejków eterycznych

W olejku tymiankowym zidentyfikowano 40 składników, w tym jako główne związki: tymol (38,1%), karwakrol (2,3%), p-cymen (29,1%), terpinen (5,2%), linalol (3,7%) i kariofyllen (3,1%). W olejku lawendowym wykryto 34 składniki, w których dominowały: linalol (34,1%), octan linalilu (33,3%) i octan lawandulilu (3,2%), a także (*Z*)-β-ocymen (3,2%), (*E*)-β-ocymen (2,7%) i β-kariofyllen (2,7%). Analiza wykazała, że skład olejku lawendowego jest zgodny z wymogami Farmakopei Europejskiej 6 (16). W przypadku zaleceń Farmakopei Polskiej VIII (17) oznaczono dokładnie 2,5% 1,8-cyneolu, wobec wymaganej wartości mniejszej niż 2,5%. Natomiast w olejku tymiankowym zawartość p-cymenu była nieco wyższa od wymaganej (29,1% wobec 15-28%), a linalolu niższa (3,7% wobec 4-6,5%). Pozostałe składniki analizowanych olejków mieściły się w zalecanych zakresach.

Aktywność testowanych olejków wobec szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa*

Stwierdzono, że olejek tymiankowy wykazywał silne działanie przeciwbakteryjne wobec szczepów klinicznych pałeczek ropy błękitnej. Uzyskane wartości MIC wahały się w granicach od 1,0 do 2,5 µl/ml. Liczba szczepów klinicznych wrażliwych na olejek tymiankowy w stężeniach: 1,5; 2,0 i 2,5 µl/ml, była zbliżona. Stężenie 1,5 i 2,0 µl/ml wpływało hamująco na wzrost szczepów wyizolowanych głównie z ran i odleżyn. Wartości MIC 2,0 i 2,5 µl/ml uzyskano dla pałeczek ropy błękitnej wyizolowanych z owrzodzeń. Uzyskane wyniki prezentuje rycina 1.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że olejek lawendowy wykazywał również działanie hamujące wzrost szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa*. Wartości MIC mieściły się w zakresie od 10,0 do 19,0 µl/ml. Najwięcej szczepów pocho-



Ryc. 1. Wrażliwość testowanych szczepów *P. aeruginosa* na olejek tymiankowy wyrażona jako MIC.

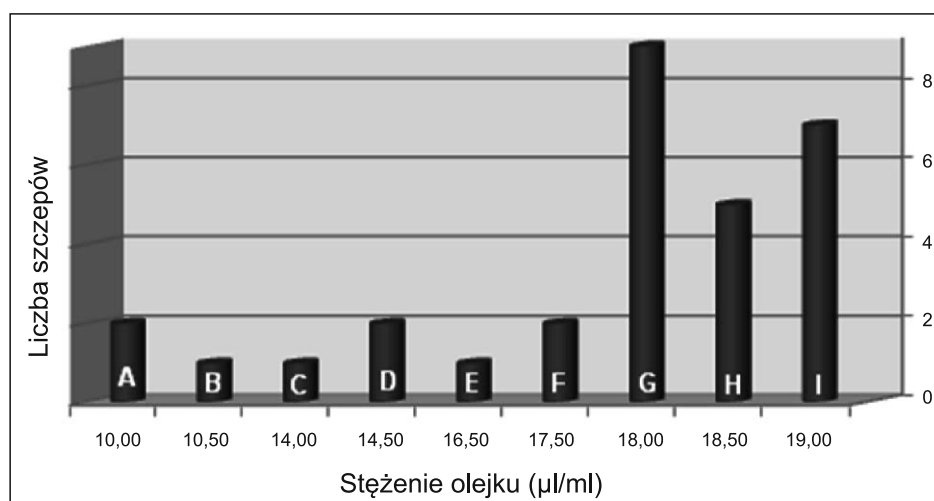
Pochodzenie szczepów: A – ucho (2), płwocina (1); B – pachwina (1), palec stopy (1), odleżyna (3), rana (4); C – gardło (1), wydzielina oskrzelowa (1), odleżyna (3), rana (2), owrzodzenie (3); D – gardło (1), odbyt (2), wydzielina oskrzelowa (2), owrzodzenie (3).

dzących z materiałów klinicznych (9 szczepów) było hamowanych przez olejek lawendowy w stężeniu 18,0 µl/ml. Były to głównie bakterie wyizolowane z odbytu, odleżyn i wydzieliny oskrzelowej. Wyższe wartości MIC – 18,5 i 19,0 µl/ml otrzymano dla szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa* wyizolowanych z ran i owrzodzeń. Uzyskane wyniki przedstawia rycina 2.

W przypadku szczepu wzorcowego *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 wartości MIC wynosiły odpowiednio 1,0 µl/ml dla olejku tymiankowego i 10,5 µl/ml dla olejku lawendowego.

Lekooporność badanych szczepów klinicznych z gatunku *Pseudomonas aeruginosa*

Szczepy kliniczne *Pseudomonas aeruginosa* były odporne w ponad 50% na antybiotyki β-laktamowe i chemioterapeutyki, w 30% na karbapenemy i w 20% na aminoglikozydy i monobaktamy. Jednocześnie szczepy te były w 40% wrażliwe na olejek tymiankowy zastosowany w stężeniu 1,5 µl/ml. Szczególnie odporne, na ponad 50% antybiotyków i chemioterapeutyków, okazały się szczepy wyizolowane z pachwiny (1), wydzieliny oskrzelowej (3), odleżyn (3), owrzodzeń (2) oraz rany (1). Wrażliwość badanych szczepów *P. aeruginosa*



Ryc. 2. Wrażliwość testowanych szczepów *P. aeruginosa* na olejek lawendowy wyrażona jako MIC.

Pochodzenie szczepów: A – gardło (2); B – ucho (1); C – palce stopy (1); D – ucho (1), pachwina (1); E – płwocina (1); F – odleżyna (2); G – odbyt (2), wydzielina oskrzelowa (2), odleżyna (4), rana (1); H – wydzielina oskrzelowa (1), rana (2), owrzodzenie (2); I – rana (3), owrzodzenie (4).

na zalecane antybiotyki i chemioterapeutyki prezentuje rycina 3.

Dyskusja

Celem oceny właściwości przeciwbakteryjnych olejków eterycznych wobec szczepów klinicznych bakterii z gatunku *Pseudomonas aeruginosa* nieprzypadkowo wybrano olejki tymiankowy i lawendowy. *T. vulgaris* i *L. angustifolia* należą do rodziny *Lamiaceae*, której przedstawiciele, jak *Mentha* sp., *Origanum* sp., *Salvia* sp., *Rosmarinus* sp., *Ocimum* sp., *Majorana* sp., *Hyssopus* sp., *Melissa* sp. i *Satureja* sp. wykazują szczególnie cenne właściwości terapeutyczne.

Tymianek pospolity tworzy wiele chemotypów, z których najważniejsze to chemotyp tymolowy (65% tymolu, 5-10% karwakrolu) i karwakrolowy (85% karwakrolu, 1-5% tymolu) (18). Olejek tymiankowy (*Thymi Aetheroleum*) jest surowcem farmakopealnym (FP VIII). Stosowany do celów leczniczych powinien zawierać nie mniej niż 20%, i nie więcej niż 45% fenoli w przeliczeniu na sumę tymolu i karwakrolu (17). Zgodnie z wymogami Farmakopei Europejskiej 6 powinien on zawierać 30-65% tymolu i 1-4% karwakrolu (16).

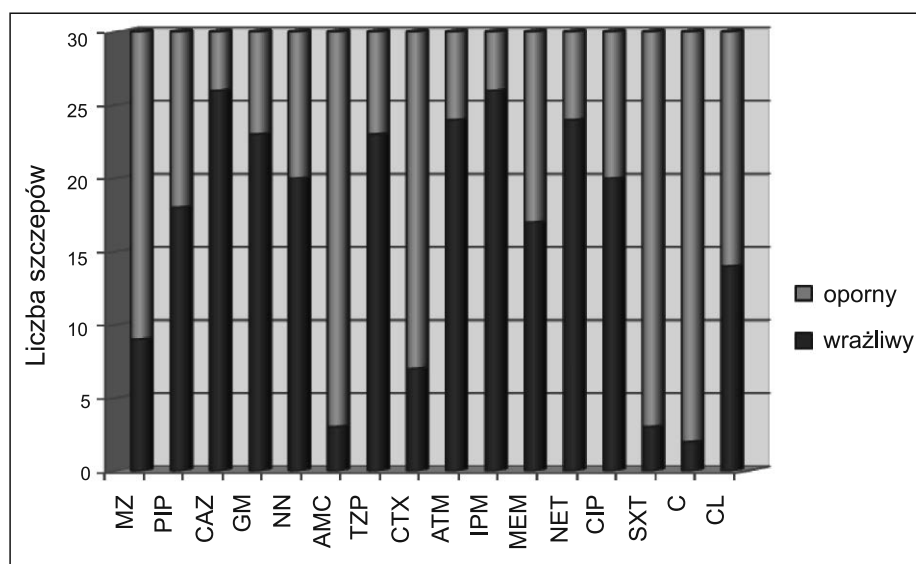
Skład olejku lawendowego (*Lavandulae Aetheroleum*) pozyskanego *Lavandula angustifolia* Mill. (*Lavandula officinalis* Chaix), stosowanego w celach leczniczych, precyzuje dokładnie Farmakopea Europejska 6. Zawartość linalolu powinna mieścić się w granicach od 20 do 45%, octanu linalilu od 25 do 46% (16).

Analiza GC-FID-MS badanych olejków eterycznych wykazała, że olejek tymiankowy zawiera wy-

maganą zawartość związków fenolowych, tj. tymolu i karwakrolu, natomiast olejek lawendowy zawiera wymaganą zawartość linalolu i octanu linalilu.

W wyniku przeprowadzonych badań odnośnie właściwości przeciwbakteryjnych wyżej wymienionych olejków eterycznych stwierdzono, że olejek tymiankowy wykazuje aktywność wobec szczepów klinicznych *Pseudomonas aeruginosa* w zakresie stężeń od 1,5 do 2,5 $\mu\text{l/ml}$. Podobne wartości MIC uzyskano przy zastosowaniu metody dyfuzyjno-krążkowej dla olejków pozyskanych z *Thymus persicus* L. (tymol – 10%, karwakrol – 25%) i *Thymus eriocalyx* (Ronniger) Jalas (tymol – 66%) (19). Działanie olejku z *Thymus spinulosus* Ten., zawierającego dużo mniejszą zawartość aktywnych związków fenolowych (tymol) w porównaniu z olejkiem pozyskanym z *Thymus vulgaris* L., było znacznie słabsze wobec pałeczek ropy błękitnej. Zgodnie z danymi piśmiennictwa uzyskano w tym przypadku wartości MIC w granicach 4,5-9,0 $\mu\text{l/ml}$ (20). Ze względu na zawartość tymolu i karwakrolu właściwości bakteriobójcze wykazuje również olejek pozyskany z innych gatunków tymianku, jak *Thymus zygis* L., *T. serpyllum* L., *T. kotschyanus* Boiss. i Hoh., *T. persicus* L., *T. longicaulis* C. Presl. (21, 22).

Olejek lawendowy był znacznie mniej aktywny wobec szczepów klinicznych *P. aeruginosa*; uzyskane wartości MIC mieściły się w granicach 10,00-19,00 $\mu\text{l/ml}$. Uzyskane w badaniach własnych wartości MIC znajdują potwierdzenie w dostępnym piśmiennictwie (23). Według danych piśmiennictwa właściwości przeciwbakteryjne i cytotoksyczne wykazuje również olejek pozyskany z gatunku *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas* Skill Level. W olejku tym znajdują się w przeważającej



Ryc. 3. Wrażliwość badanych szczepów klinicznych z gatunku *Pseudomonas aeruginosa* na antybiotyki i chemioterapeutyki.

ilości: pulegon – 40%, menton – 13% i mentol – 18%, odpowiedzialne za hamowanie wzrostu szczepów wzorcowych *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* i *Pseudomonas aeruginosa* (9).

Uzyskane wyniki pozwoliły także na stwierdzenie, że badane olejki eteryczne są aktywne wobec opornych na antybiotyki szczepów *Pseudomonas aeruginosa*. Dwa szczepy wyizolowane z wydzieliny oskrzelowej były odporne na 16 użytych antybiotyków, a trzeci był wrażliwy tylko na 6 z nich. Uzyskane wartości MIC dla tych szczepów w przypadku olejku tymiankowego wahały się w granicach od 2,0 do 2,5 $\mu\text{l/ml}$, a dla olejku lawendowego wynosiły od 18,0 do 18,5 $\mu\text{l/ml}$. Dużo niższe wartości MIC: 1,5 $\mu\text{l/ml}$ dla olejku tymiankowego i 14,5 $\mu\text{l/ml}$ dla olejku lawendowego, uzyskano w przypadku szczepu *Pseudomonas aeruginosa* wyizolowanego z pachwiny, który wykazywał oporność na 12 zastosowanych antybiotyków.

Wysoką aktywność przeciwbakteryjną olejków eterycznych, m.in. krwawnikowego, goździkowego, lawendowego, geraniowego oraz cytronelowego, wobec opornych na antybiotyki szczepów klinicznych należących do gatunku *Pseudomonas aeruginosa*, jak również synergizm działania olejków eterycznych w połączeniu z antybiotykami, wykazały również badania innych autorów (24-26).

Pomimo dostępności szczegółowych monografii i wielu doniesień o sukcesach terapeutycznych w aromaterapii, olejki eteryczne nie cieszą się jednak zainteresowaniem klinicystów. Jednocześnie coraz bardziej kurczą się możliwości terapeutyczne szerzących się, uporczywych zakażeń, nie tylko bakteryjnych, ale również wirusowych i grzybiczych. Ze względu na ogromny potencjał terapeutyczny olejków eterycznych, prowadzone są w wielu ośrodkach intensywne badania dotyczące mechanizmu działania i bezpieczeństwa stosowania olejków eterycznych i ich poszczególnych składników *in vitro*, a także testy *in vivo* na zwierzętach (27-29). Uzyskane wyniki zachęcają do dalszych prac nad przydatnością olejków eterycznych w zwalczaniu szczególnie niebezpiecznych, opornych na antybiotyki drobnoustrojów chorobotwórczych, odpowiedzialnych za choroby zakaźne, w tym również za zakażenia szpitalne.

Wnioski

1. Uzyskane wyniki dowiodły, że badany olejek tymiankowy w porównaniu do olejku lawendowego wykazuje znacznie silniejsze właściwości przeciwbakteryjne zarówno wobec szczepu wzorcowego *Pseudomonas aeruginosa*, jak i badanych szczepów klinicznych.
2. Obydwa olejki eteryczne były aktywne wobec wszystkich opornych na antybiotyki szczepów klinicznych z gatunku *Pseudomonas aeruginosa*.

3. Z uwagi na obserwowaną wzrastającą oporność wielu gatunków bakterii na antybiotyki, przeprowadzone badania wskazują na możliwość stosowania olejków tymiankowego i lawendowego w leczeniu zakażeń miejscowych powodowanych przez *Pseudomonas aeruginosa*, zwłaszcza przy stwierdzonej wielooporności tych szczepów na antybiotyki i chemioterapeutyki.

Piśmiennictwo

1. Lis A. Olejki tymiankowe. *Aromaterapia* 2003; (3-4):5-13.
2. Kalemba D, Kunicka A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr Med Chem* 2003; 10:813-29.
3. Da Costa AC, Cavalcanti dos Santos BH, Filho LS i wsp. Antibacterial activity of the essential oil of *Lamiaceae* L. against multiresistant strains isolated from nosocomial patients. *Braz J Pharmacogn* 2009; 19:236-41.
4. Mihajilov-Krestev T, Radnović D, Kitić D i wsp. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Centr Eur J Biol* 2009; 4:411-6.
5. Łysakowska M, Denys A, Sienkiewicz M. The activity of thyme essential oil against *Acinetobacter* spp. *Centr Eur J Biol* 2011; 6 DOI: 10.2478/s11535-011-0008-x.
6. Góra J, Lis A. Olejek lawendowy (*Lavandula officinalis*). *Aromaterapia* 1995; (2):5-11.
7. Cavanagh HMA, Wilkinson JM. Lavender essential oil: review. *Austr Infect Contr* 2005; 10:35-37.
8. Fabio A, Cermelli C, Fabio G i wsp. Screening of the antibacterial effects of a variety of essential oils on microorganisms responsible for respiratory infections. *Phytother Res* 2007; 21:374-7.
9. Goren AC, Topcu G, Bilsel G i wsp. The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. *Z Naturforsch* 2002; 15:797-800.
10. Żmudziński M, Gospodarek E, Gierlotka K. Mechanizmy oporności pałeczek *Acinetobacter* spp. na antybiotyki nie β -laktamowe. *Post Mikrobiol* 2007; 46:335-2.
11. Parkins MD, Pitout JD, Church DL i wsp. Treatment of infections caused by metallo- β -lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* in the Calgary Health Region. *Clin Microbiol Infect* 2007; 13:199-202.
12. Friedman CR, Whitney CG. It's time for a change in practice: reducing antibiotic use can alter antibiotic resistance. *J Infect Dis* 2008; 197:1082-3.
13. De AS, Kumar SH, Baveja SM. Prevalence of metallo- β -lactamase producing *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter* species in intensive care areas in a tertiary care hospital. *Indian J Crit Care Med* 2010; 14:217-9.
14. Walsh TR, Toleman MA, Poirel L i wsp. Metallo-beta-lactamases: the quiet before the storm? *Clin Microbiol Rev* 2005; 18:306-25.
15. Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: sixteenth informational supplement. 2009, CLSI document M100-S19. Clinical and Laboratory Standard Institute, Wayne 19087-1898.
16. European Pharmacopoeia. 6th Edition. Strasbourg: Council of Europe; 2008.
17. Farmakopea Polska VIII. 8 Edycja. Wyd. PTF, Warszawa 2008.
18. Price A, Price L. *Aromatherapy for health professionals*. 3rd Edition. Wyd. Churchill Livingstone, London 1999; 11-4.
19. Gholam-Reza T, Mohammad-Hadi M. Antibacterial activity and chemical constituents of essential oils of *Thymus persicus* 2007; 10:3923-6.
20. Rosooli I, Mirmostafa SA. Bacterial susceptibility to and chemical composition of essential oils from *Thymus kotschyanus* and *Thymus persicus*. *J Agric Food Chem* 2003; 51:2200-5.
21. Bousmaha-Marroki L, Atik-Bekkara F, Tomi F i wsp. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. ssp. *ciliatus* Maire from Algeria. *J Essent Oil Res* 2007; 19:490-3.
22. De Feo V, Bruno M, Tahiri B i wsp. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Thymus spinulosus* Ten. (*Lamiaceae*). *J Agric Food Chem* 2003; 51:3849-53.

23. Prabuseenivasan S, Jayakumar M, Ignacimuthu S. *In vitro* antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC Complement Altern Med* 2006; 6 DOI:10.1186/1472-6882-6-39. 24. Skocibusic M, Bezic N, Dunkic V i wsp. Antibacterial activity of *Achillea clavennae* essential oil against respiratory tract pathogens. *Fitoterapia* 2004; 75:733-6. 25. Mahboobi M, Shahcheraghi F, Feizabad MM. Bactericidal effects of essential oils from clove, lavender and geranium on multi-drug resistant isolates of *Pseudomonas aeruginosa*. *Iranian J Biotechnol* 2006; 4:137-40. 26. Malik T, Sing P. Antimicrobial effects of essential oils against uropathogens with varying sensitivity to antibiotics. *Asian J Biol Sci* 2010; 3:92-8. 27. Schmitt S, Schaefer U, Sporer F i wsp. Comparative study on the *in vitro* human skin permeation of monoterpenes and phenylpropanoids applied in rose oil and in form of neat single compounds. *Pharmazie* 2010; 65:102-5. 28. Ohkawara S, Tanaka-Kagawa T, Furukawa Y i wsp. Activation of the human transient receptor potential vanilloid subtype 1 by essential oils. *Biol Pharm Bull* 2010; 33:1434-7. 29. Ben Salah M, Abderraba M, Tarhouni MR i wsp. Effects of ultraviolet radiation on the kinetics of *in vitro* percutaneous absorption of lavender oil. *Int J Pharm* 2009; 382:33-8.

otrzymano/received: 20.02.2012
zaakceptowano/accepted: 20.03.2012

Adres/address:

*dr n. med. Monika Sienkiewicz
Zakład Mikrobiologii Lekarskiej i Sanitarnej
Wydział Wojskowo-Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Plac Hallera 1, 90-647 Łódź
tel.: +48 (42) 639-31-98
e-mail: monika.sienkiewicz@umed.lodz.pl