

**OLEJKI ETERYCZNE OTRZYMYWANE
Z ROŚLIN Z RODZAJU *MELALEUCA*: SKŁAD
CHEMICZNY I ZASTOSOWANIE**

ESSENTIAL OILS OBTAINED FROM PLANTS OF THE
GENUS *MELALEUCA*: CHEMICAL COMPOSITION
AND APPLICATIONS

**Adrianna Gajos¹, Marietta Białoń^{1,*},
Piotr P. Wieczorek¹**

¹*Wydział Chemii i Farmacji, Uniwersytet Opolski, ul. Oleska 48, 45-052 Opole*
**e-mail: mbialon@uni.opole.pl*

Abstract

Wykaz stosowanych skrótów

Wprowadzenie

1. Charakterystyka rodzaju *Melaleuca*

1.1. Rozmieszczenie geograficzne

1.2. Klasyfikacja botaniczna rodzaju *Melaleuca*

1.3. Historyczne i współczesne zastosowania roślin z rodzaju *Melaleuca*

2. Metody izolowania olejków eterycznych

3. Właściwości biologiczne olejków eterycznych z rodzaju *Melaleuca*

3.1. Antybakteryjne i przeciwgrzybicze właściwości

3.2. Działanie przeciwwirusowe

3.3. Właściwości przeciwzapalne

4. Zastosowania praktyczne

5. Skład chemiczny olejków eterycznych z rodzaju *Melaleuca*

5.1. Skład chemiczny olejków eterycznych *Melaleuca alternifolia*

5.2. Skład chemiczny olejków eterycznych *Melaleuca viridiflora*

5.3. Skład chemiczny olejków eterycznych *Melaleuca cajuputi*

Podsumowanie

Piśmiennictwo cytowane



Adrianna Gajos absolwentka studiów licencyjnych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego. W 2022 roku obroniła pracę pt. „Analiza składu chemicznego olejków eterycznych z mięty pieprzowej”. Obecnie studentka studiów drugiego stopnia na Wydziale Chemii UO. Zajmuje się badaniami dotyczącymi analizy składu chemicznego olejków eterycznych z rodzaju *Melaleuca*.



Dr Marietta Białoń studiowała chemię w latach 1992-1997 na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Opolskiego. W 2005 roku uzyskała stopień doktora nauk chemicznych. Obecnie jest zatrudniona w Instytucie Chemii UO w Katedrze Chemii Analitycznej. Zainteresowania naukowe to chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas, badania składu chemicznego i aktywności olejków eterycznych.



<https://orcid.org/0000-0003-0619-3168>



Prof. dr hab. inż. Piotr P. Wieczorek w roku 1978 ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej. Na tej uczelni w 1982 r. obronił pracę doktorską. Od 1981 r. pracuje w Instytucie/Wydziale Chemii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Opolu, później Uniwersytetu Opolskiego. Habilitował się w zakresie chemii na Politechnice Wrocławskiej w 2001 r., a w 2008 r. otrzymał tytuł Profesora, profesor zwyczajny Uniwersytetu Opolskiego (od 2009). Z-ca Dyrektora Instytutu Chemii (1999-2005), Kierownik Katedry Chemii Analitycznej, Dyrektor Instytutu Chemii (2005-2008 i od 2019), Prorektor UO ds. Badań i współpracy z zagranicą (2008-2012), Dziekan Wydziału Chemii (2012-2019). Laureat wielu nagród, w tym Nagrody PTChem na najlepszą pracę naukową im. Prof. Kemuli (1998 r.), 3 nagród ministra (1987, 1989, 2002), Medalu KEN. Specjalność – chemia organiczna, chemia analityczna, techniki rozdzielania związków organicznych, rozdzielanie i oznaczanie czystości optycznej stereoizomerów, chromatografia i inne metody separacyjne (HPLC, GC, CZE), metody przygotowania próbek, biodegradacja ksenobiotyków, substancje biologicznie aktywne.



<https://orcid.org/0000-0002-0016-0114>

ABSTRACT

The *Melaleuca* plant genus is included in the myrtle family and is found from the Indochina Peninsula to Tasmania. The greatest diversity of plants in this family is found mainly in Australia. Essential oils extracted from plants of the *Melaleuca* genus are a mixture of valuable chemicals that exhibit a broad spectrum of biological properties. Studying the chemical composition of these oils can provide information on their active ingredients, which has applications in the pharmaceutical and cosmetic industries, as well as in aromatherapy.

The essence of the study was to conduct an analysis to determine the chemical composition, learn about the main volatile compounds, as well as their percentage content in essential oils extracted from different varieties, namely: *Melaleuca alternifolia* (TTO), *Melaleuca viridiflora* (niaouli oil) and *Melaleuca cajuputi* (cayeput oil). Methods of analysis included gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) to identify and determine the chemical components present in the samples. Two different chromatographic columns were used in the study - a non-polar column and a polar column.

The results of the analysis indicated the presence of a variety of chemical components in essential oils of the *Melaleuca* genus. The composition of the chemical compounds present varied depending on the column used for analysis and the type of plant from which the oil was extracted. The main components of niaouli and cayeput oils are: 1,8-cineole (eucalyptol), α -terpineol and α -pinene. TTO, on the other hand, contains terpinene-4-ol, *p*-cymene and γ -terpinene. These compounds exhibit antibacterial, anti-inflammatory activity.

Keywords: *Melaleuca*, essential oils, aromatherapy, tea tree oil, gas chromatography

Słowa kluczowe: *Melaleuca*, olejki eteryczne, aromaterapia, drzewo herbaciane, chromatografia gazowa

WYKAZ STOSOWANYCH SKRÓTÓW

GC	– chromatografia gazowa
GC-MS	– chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas
TTO	– tea tree oil; olejek z drzewa herbacianego
MRSA	– gronkowiec złocisty oporny na metycylinę (methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i>)
TNF	– czynnik martwicy nowotworów
A	– średnia powierzchnia
SD	– odchylenie standardowe

WPROWADZENIE

Olejki eteryczne stanowią lotną grupę związków chemicznych, które występują naturalnie w niektórych gatunkach roślin. Głównymi składnikami olejków są terpenoidy i fenylopropanoidy, nadające im charakterystyczny aromat i szerokie spektrum właściwości użytkowych. Te cenne substancje otrzymuje się w wyniku destylacji z parą wodną. Większość wyizolowanych olejków eterycznych to bezbarwne lub jasnożółte ciecze rozpuszczalne w tłuszczach oraz rozpuszczalnikach organicznych o gęstości mniejszej niż woda. Na rynku dostępnych jest ponad 3000 różnych kompozycji olejków eterycznych, z których wiele ma istotne znaczenie handlowe [1]. Ich wszechstronne zastosowanie sprawia, że są niezastąpione w wielu dziedzinach, od aromaterapii po produkcję naturalnych środków leczniczych. Jednymi z najbardziej znanych i docenionych właściwości olejków eterycznych są ich zdolności antyseptyczne. Substancje te posiadają potwierdzone naukowo działanie grzybobójcze, bakteriobójcze i wirusobójcze, co sprawia, że są skutecznymi środkami przeciwdrobnoustrojowymi [2]. Ponadto, wykazują także działanie uspokajające i przeciwbólowe, co czyni je cennymi substancjami w medycynie naturalnej i aromaterapii. W perfumerii pełnią kluczową rolę w tworzeniu unikalnych kompozycji zapachowych. Są także obecne w produktach do makijażu i środkach sanitarnych, nadając im nie tylko przyjemny aromat, ale również korzystne właściwości pielęgnacyjne. W rolnictwie olejki eteryczne mogą być używane jako naturalne środki ochrony roślin czy odstraszać szkodniki [3]. Dodatkowo, stanowią one także popularne dodatki do żywności, nadając potrawom nie tylko charakterystyczny smak, ale także działanie zdrowotne. Podsumowując, olejki eteryczne stanowią nie tylko składniki zapachowe, ale także cenne substancje o potencjalnych korzyściach zdrowotnych, które od wieków są wykorzystywane w różnych kulturach na całym świecie [4].

1. CHARAKTERYSTYKA RODZAJU *MELALEUCA*

1.1 ROZMIESZCZENIE GEOGRAFICZNE

Rodzaj *Melaleuca* to grupa roślin występujących głównie na obszarach o ciepłym klimacie. Ponad 200 spośród około 250 gatunków występuje endemicznie w Australii, co czyni ten kontynent głównym obszarem ich występowania [5]. Znaczna liczba gatunków rośnie w obszarach suchych i podmokłych, zarówno w obszarach górskich, jak i nizinnych.

Oprócz Australii, niektóre gatunki *Melaleuca* można znaleźć w innych częściach świata, szczególnie w rejonach o podobnych warunkach klimatycznych [6]. Odnotowano ich obecność w Nowej Zelandii, Azji Południowo-Wschodniej, na wyspach Pacyfiku – zwłaszcza w Indonezji, w Afryce, Ameryce Północnej i Południowej. Spotykane są też hybrydy tego gatunku, które w naturze często powstają na skutek naturalnego krzyżowania się międzygatunkowego. Hybrydy

mogą wykazywać zdolności adaptacyjne, które umożliwiają im przetrwanie w konkretnej lokalizacji. Popularność roślin *Melaleuca* w uprawie sprawia, że hodowcy pracują nad nowymi odmianami, także pochodzenia mieszańcowego. Hybrydy mogą być bardziej dostosowane do mniej korzystnych warunków środowiskowych lub charakteryzować się innymi cechami, takimi jak kolor kwiatów czy kształt liści [7, 8].

1.2 KLASYFIKACJA BOTANICZNA RODZAJU *MELALEUCA*

Spośród całej grupy roślin z rodzaju *Melaleuca* możemy wyróżnić trzy najpopularniejsze gatunki: *Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche), *M. leucadendron* (syn. *M. cajuputi*) oraz *M. quinquenervia* (syn. *M. viridiflora*).

Drzewo herbaciane *M. alternifolia* może osiągać wysokość nawet do 7 metrów. Posiada krzaczastą koronę oraz krótki pień, który pokryty jest białą, łuszczącą się korą. Starsze gałęzie są najczęściej bez owłosienia, natomiast młode pędy charakteryzują się jedwabistym owłosieniem. Z pędów wyrastają liście o nieregularnych kształtach i ułożeniu, z krótkimi ogonkami, wąskie i dość długie (o szerokości 1-2 mm i długości 1-3,5 cm), zakończone ostrymi końcówkami. Na ich gładkiej powierzchni wyraźnie widoczne są gruczoły olejkowe. Kwiaty są drobne, w kolorze najczęściej żółtym lub purpurowym, zebrane w kłosowate kwiatostany o długości 3-5 cm. Niewielkie owoce przybierają formę kubeczkowatą [6, 8, 9].

Nazwę roślinie nadali żeglarze kapitana Cooka – Aborygeni z liści tego drzewa sporządzali orzeźwiające napoje, które Europejczykom kojarzyły się z herbata, zatem roślina została nazwana drzewem herbacianym [5].

Drzewo kajeputowe *M. cajuputi* może osiągać wysokość od 10 do 25 metrów. Posiada poskręcany pień o łuszczącej się korze, pień jest biały na górze i ciemny na dole, kolorem przypomina pień brzozy. Na młodych gałązkach o srebrzystym kolorze rosną grube, podługowato-lancetowate liście (o szerokości 1,5 cm i długości 8-12 cm), o widocznym unerwieniu i zbiorniczkach olejkowych. Kwiaty są drobne, w kolorze białym lub kremowe, zebrane w kłosowate kwiatostany o długości 10 cm, owocami są zielono-brązowe torebki.

Nazwa *kajeputi* pochodzi od malajskich słów *kaju* – drzewo i *puti* – białe. W Polsce drzewo to jest nazywane czarnobielem kajeputowym, natomiast w krajach anglojęzycznych używana jest również nazwa bagienne drzewo herbaciane (swamp tea tree).

Drzewo niauli, nazywane też szerokolistnym drzewem herbacianym, *M. quinquenervia* może osiągać wysokość od 3 do 10 metrów. Posiada giętki i elastyczny pień pokryty gąbczastą korą koloru kremowego lub szarego. Liście są owalne, płaskie, grube i podłużnie prążkowane (o szerokości 2,5-5,5 cm i długości 7-20 cm). Drobne, żółtozielone lub czerwone kwiaty zebrane są w cylindryczne kwiatostany.

Nazwa *M. viridiflora* pochodzi od łacińskiego słowa *viridis* – zielony, czyli od koloru kwiatów [6].

Podstawowe informacje o roślinach z rodzaju *Melaleuca* zebrano w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe dane dotyczące rodzaju *Melaleuca* [5]

Table 1. Basic data about the genus *Melaleuca* [5]

		Melaleuca		
Nazwa zwyczajowa	Nazwa naukowa	Rodzina	Najważniejsza część rośliny	Występowanie
drzewo herbaciane	<i>Melaleuca alternifolia</i> <i>melaleuca skrętnolistna</i>	mirtowate	liście	Australia
drzewo kajuputowe	<i>Melaleuca leucadendron</i> <i>Melaleuca cajuputi</i>	mirtowate	liście i drobne gałązki	Azja Południowo-Wschodnia
drzewo niauli	<i>Melaleuca quinquenervia</i> <i>Melaleuca viridiflora</i>	mirtowate	liście i gałązki	Australia, Afryka

1.3 HISTORYCZNE I WSPÓLczesne ZASTOSOWANIA ROŚLIN Z RODZAJU *MELALEUCA*

Na długo przed przybyciem Europejczyków, Aborygeni we wschodniej Australii korzystali z krzaczastego drzewa, którego wąskie, lancetowate liście były dla nich cennym surowcem. Przetwarzali te liście, krusząc je, a następnie gotując, z czego powstawał orzeźwiający i aromatyczny napar. Aborygeni odkryli również, że przeżuwanie liści tej rośliny łagodzi kaszel i ból gardła. Wdychanie olejków eterycznych wydzielających się z rozartych liści przynosiło ulgę w przypadku chorób układu oddechowego. Skruszone liście używane były również do leczenia skaleczeń, infekcji skóry, oparzeń i ran ciętych. Przez długi czas stosowano jedynie herbatę z tego drzewa w celu łagodzenia różnych schorzeń, jednak dopiero w latach 20. XX wieku potwierdzono antyseptyczne właściwości olejku z tej rośliny. Lekarze w Australii zaczęli wykorzystywać olejek z drzewa herbacianego (TTO) do oczyszczania ran urazowych i pooperacyjnych, a podczas II wojny światowej stał się on stałym elementem wyposażenia apteczek australijskich żołnierzy i marynarzy. Zainteresowanie tym olejkiem zmalało w obliczu pojawienia się antybiotyków w latach 40. XX wieku, jednak wraz z rosnącą problematyką antybiotykoodporności obecnie obserwowany jest ponowny wzrost zainteresowania. W dzisiejszym ziołolecznictwie TTO jest powszechnie wykorzystywany do zapobiegania i leczenia różnych infekcji skórnych, takich jak trądzik, czyraki, brodawki, grzybica, łupież, wszawica, kandydoza, egzema, łuszczyca i inne [5, 10]. Olejek wykazuje działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybowe i przeciwwirusowe. Prowadzone badania wykazały, że TTO może być cennym dodatkiem do tradycyjnych leków przeciw-

grzybiczych [2], co czyni go skutecznym środkiem w pielęgnacji skóry, zwalczaniu infekcji oraz w produkcji preparatów higienicznych.

Olejki eteryczne otrzymywane z roślin *Melaleuca* są powszechnie wykorzystywane w aromaterapii ze względu na świeży, oczyszczający i lekko pikantny aromat, opisywany jako pobudzający [11]. Są często dodawane do kosmetyków do pielęgnacji skóry, zwłaszcza tłustej czy trądzikowej, ze względu na ich właściwości regulujące wydzielanie sebum [12].

Tabela 2 przedstawia rozwój zainteresowania TTO w ujęciu historycznym.

Tabela 2. Historyczna oś czasu pokazująca znaczenie TTO [5]

Table 2. Historical timeline showing the importance of TTO [5]

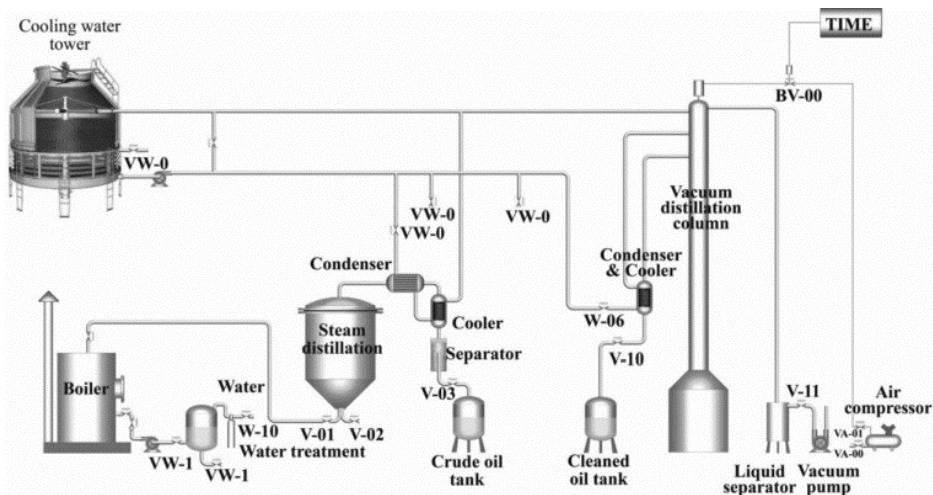
Oś czasu dotycząca roślin z rodzaju <i>Melaleuca</i>			
1770	1929	Późne lata 90. XX wieku	2007
Europejczycy docierają do wschodnich wybrzeży Australii i obserwują Aborygenów wykorzystujących liście drzewa herbacianego.	A. Penfold i F. R. Morrison publikują książkę, która wzbudziła zainteresowanie badaniem olejku z drzewa herbacianego.	Zwiększona częstotliwość występowania MRSA w szpitalach w Europie i Stanach Zjednoczonych.	Olejek z drzewa herbacianego skuteczny w zmniejszeniu antybiotykooporności niektórych bakterii, w tym MRSA.

2. METODY IZOLOWANIA OLEJKÓW ETERYCZNYCH

Większość dostępnych obecnie olejków eterycznych jest otrzymywana za pomocą destylacji z parą wodną. Jest to najstarsza i dość prosta forma izolowania olejków eterycznych. Co więcej, proces ten nie tylko powoduje minimalne zmiany w składzie olejku eterycznego podczas produkcji, ale także para wodna jest łatwo dostępna, tania, nie jest niebezpieczna i może być poddana recyklingowi. W szczególności, pozwala na wyodrębnianie olejku w stałej i wystarczająco niskiej temperaturze, aby nie zmienić jego właściwości [13].

W przypadku olejku z drzewa herbacianego proces destylacji z parą wodną trwa około dwie godziny [6]. Jednak wartość handlowa takiego TTO nie jest wysoka, dlatego należy go uszlachetnić, aby zwiększyć jego wartość i dopasować do standardu. Z destylatu oddziela się zebrany na powierzchni olejek, a kondensat przeznaczona do ponownego procesu destylacji, tak by odzyskać jak najwięcej składników (rys. 1). Inne stosowane metody rafinacji to destylacja próżniowa oraz krystalizacja [6, 14]. W zależności od stopnia oczyszczenia surowca otrzymuje się olejek z drzewa herbacianego z różną wydajnością. W przypadku surowca nieoczyszczonego wydajność to około 1%, podczas gdy dla surowca sortowanego (gałązek o średnicy 1,5 cm) wynosi ona 1,35%. W Australii, TTO pozyskuje się wy-

łącznie z surowca świeżego. Niemniej jednak olejek otrzymywany z surowca suszonego, pozostawionego na powietrzu przez miesiąc, nie traci swoich właściwości, co sugeruje możliwość alternatywnego zastosowania suchego surowca do otrzymywania TTO. W Australii obszary upraw drzew herbacianych obejmują tysiące hektarów, co przekłada się na znaczącą produkcję olejku. Obecnie kraj ten wytwarza rocznie 500 ton TTO, co stanowi 90% światowej produkcji. Warto również zauważyć, że Chiny, choć w mniejszym zakresie, także przyczyniają się do światowego rynku olejku, produkując 40-50 ton rocznie [6].



Rysunek 1. Proces techniczny izolacji i rafinacji olejku z drzewa herbacianego [14]

Figure 1. Technical process for tea tree essential oil extraction and refinement [14]

Substancję pozyskiwaną z drzewa kajeputowego otrzymuje się metodą destylacji z parą wodną świeżych gałązek z listkami. Cały proces destylacji trwa od 3 do 4 godzin, a wydajność procesu to 0,8-1,5%. Otrzymany produkt jest cieczą o żółtozielonym kolorze i charakteryzuje się ziołowym zapachem, porównywalnym z olejkiem eukaliptusowym. Głównym producentem olejku kajeputowego jest Indonezja, która produkuje 400 ton rocznie, z czego 75% pochodzi z plantacji na Jawie, a 25% z Wysp Moluckich. Drugim producentem jest Wietnam – w delcie Mekongu rocznie produkuje się 100 ton [15].

Olejek eteryczny niauli otrzymuje się również metodą destylacji z parą wodną świeżych liści oraz młodych gałązek. Cały proces destylacji trwa około 6 godzin, a wydajność procesu zależy od jakości surowca i wynosi 0,6-2,5%. Otrzymany produkt jest cieczą o kolorze od bezbarwnego przez jasnożółty do zielonkawego i charakteryzuje się świeżym, kamforowym zapachem. Obecnie głównym producentem olejku niauli jest Madagaskar, jego produkcja wynosi rocznie kilkaset ton [16, 17].

3. WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE OLEJKÓW ETERYCZNYCH Z RODZAJU *MELALEUCA*

3.1 ANTYBAKTERYJNE I PRZECIWRZYBICZE WŁAŚCIWOŚCI

Olejki z drzewa herbacianego, niauli i kajeputowy można zaliczyć do najskuteczniejszych naturalnych antyseptyków.

Olejek eteryczny z drzewa herbacianego (*M. alternifolia*) to substancja o wyjątkowych właściwościach, która od wieków cieszy się uznaniem ze względu na swoje skuteczne działanie antybakteryjne i przeciwrzybicze. Pochodzący z Australii, aromatyczny olejek zdobył popularność nie tylko w dziedzinie aromaterapii, ale także jako skuteczne narzędzie w walce z różnego rodzaju infekcjami bakteryjnymi i grzybowymi. Udowodniono, że działa na bakterie Gram-dodatnie (*Corynebacterium pseudodiphtheriticum*, *Listeria monocytogenes* czy *Staphylococcus aureus*), jak i Gram-ujemne (*Escherichia coli*) hamując ich rozwój [18]. Jego efektywność została również potwierdzona w wyniku badań przeprowadzonych na wyizolowanych szczepach grzybów takich jak: *Aspergillus flavus*, *A. niger* czy *Candida albicans* [26]. Analizowano aktywność przeciwrzybiczą oraz mechanizmy działania TTO i jego składników wobec *Botrytis cinerea* [19]. Spośród przetestowanych składników, terpinen-4-ol wykazał najwyższą aktywność przeciwrzybiczą, następnie: α -terpineol, terpinolen i 1,8-cyneol. Terpinen-4-ol wpływał na zachodzenie istotnych zmian w morfologii grzybni, ultrastrukturze komórkowej oraz powodował zmniejszenie zawartości ergosterolu. Stwierdzono także, że 1,8-cyneol miał niewielki wpływ na *B. cinerea*. Natomiast jednoczesne zastosowanie terpinen-4-olu i 1,8-cyneolu wykazało synergistyczne działanie przeciwrzybicze, przewyższające skuteczność każdego składnika z osobna [19]. Udowodniono, że wszystkie składniki TTO, za wyjątkiem β -mircenu, posiadały działanie przeciwrzybicze. Największą aktywność, przy minimalnych stężeniach hamujących oraz minimalnych stężeniach grzybobójczych poniżej 0,25%, określono dla terpinen-4-olu, α -terpineolu, linaloolu, α -pinenu i β -pinenu, a także dla 1,8-cyneolu. Pozostałe składniki wykazywały nieco niższą aktywność, w zakresie od 0,5 do 2%, z wyjątkiem β -mircenu [20].

Olejek niauli, bogaty w 1,8-cyneol, również wykazuje silne właściwości przeciwdrobnoustrojowe. W stężeniach 0,2-0,4% skutecznie hamuje wzrost bakterii Gram-dodatnich: *S. aureus*, *S. capitis*, *S. epidermidis*, *Bacillus subtilis* oraz Gram-ujemnych: *Proteus vulgaris* i *E. coli*. Przy stężeniu 0,6% jest skuteczny przeciwko dermatofitom, głównie: *Epidermophyton floccosum* i *Trichophyton rubrum*. Stosowany jest m.in. ze względu na właściwości odświeżające, przeciwdrobnoustrojowe, wykrztuśne, wzmacniające, przeciwbólowe, przeciwreumatyczne i rozkurczowe [6].

Olejek kajeputowy wykazuje działanie bakterio- i grzybobójcze przeciwko różnorodnym patogennym drobnoustrojom. Działa na bakterie Gram-dodatnie (*S. aureus*, *S. capitis*, *S. epidermidis*, *B. subtilis*) w stężeniu 0,2-0,4% oraz na bakterie Gram-ujemne (*Proteus vulgaris*, *E. coli*, *Enterobacter cloacae*, *Alcaligenes faecalis*) w stężeniu 0,4-0,6%. Główne składniki, 1,8-cyneol i terpinen-4-ol, nadają mu porównywalne właściwości antyseptyczne z TTO [6].

3.2 DZIAŁANIE PRZECIWIWIRUSOWE

Olejki eteryczne stanowią mieszaniny naturalnych związków, z których główne składniki terpeny i fenylopropanoidy odpowiadają za ich różnorodne właściwości biologiczne. Przeprowadzono badania [29] potencjalnego działania przeciwwirusowego TTO oraz jego głównych związków monoterpenowych, takich jak α -terpinen, γ -terpinen, α -pinen, terpinen-4-ol, α -terpineol i 1,8-cyneol, wobec wirusa opryszczki pospolitej typu 1 (HSV-1) *in vitro*. Wykazano, że TTO efektywnie zmniejszył działanie wirusa o ponad 96%, podczas gdy monoterpeny wykazywały zdolność hamowania HSV na poziomie ponad 80%. Zarówno olejek eteryczny, jak i składniki monoterpenowe wykazywały silną aktywność przeciwwirusową poprzez bezpośrednią inaktywację wolnych cząstek wirusa. Analiza porównawcza dowiodła, że węglowodory monoterpenowe, zwłaszcza α -pinen i α -terpineol, prezentują nieznacznie wyższą aktywność przeciwwirusową niż alkohole monoterpenowe. Co istotne, związki te charakteryzowały się również najwyższym wskaźnikiem selektywności. Niemniej jednak, mieszaniny różnych monoterpenów obecnych w naturalnym TTO wykazały dziesięciokrotnie wyższy wskaźnik selektywności oraz niższą toksyczność w porównaniu z izolowanymi pojedynczymi monoterpenami. Te wyniki sugerują duży potencjał olejku eterycznego z drzewa herbacianego i jego składników monoterpenowych jako obiecujących do dalszych badań nad terapią przeciwwirusową [21].

Zbadano również aktywność przeciwwirusową *in vitro* TTO oraz jego głównych składników, takich jak terpinen-4-ol, α -terpinen, γ -terpinen, *p*-cymen, terpinolen oraz α -terpineol wobec wirusa grypy. Wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie wskazały, że TTO oraz niektóre z jego składników, w tym terpinen-4-ol, terpinolen i α -terpineol, wykazują zdolność hamowania replikacji wirusa grypy A/PR/8 podtypu H1N1, przy dawkach poniżej poziomów cytotoksyczności [22, 23].

3.3 WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWPALNE

Rozpuszczalne w wodzie składniki TTO takie jak: terpinen-4-ol, α -terpineol i 1,8-cyneol [24] mogą wykazywać zdolność do hamowania produkcji mediatorów stanu zapalnego przez ludzkie monocyty. Badania przeprowadzone na ochotnikach skupiły się na ocenie wpływu miejscowo stosowanego TTO na reakcje nadwrażli-

wości kontaktowej wywołane nikiem na skórze [25]. Wykazano, że 100% roztwór TTO istotnie zmniejszył obszar zaostrzeń i wskaźnik rumienia w porównaniu z miejscami zawierającymi jedynie nikiel. Działanie przeciwwzapalne było szczególnie zauważalne, zwłaszcza wśród osób wrażliwych na nikiel z przedłużoną fazą rozwoju reakcji nadwrażliwości kontaktowej [25].

Badania z ostatnich lat podkreślają również szereg korzystnych efektów immunologicznych TTO, zarówno *in vitro*, jak i *in vivo*. Rozpuszczalne w wodzie składniki tego olejku mogą hamować produkcję lipopolisacharydów indukowane mediatorami stanu zapalnego, takimi jak czynnik martwicy nowotworu (TNF), i prostaglandyn E2 [26]. Ponadto, z badań tych wynika, że główne składniki TTO, 1,8-cyneol i terpinen-4-ol, mogą prowadzić do zmniejszenia stanu zapalnego tkanek jamy ustnej, a także ograniczać tworzenie się płytki nazębnej. Takie właściwości otwierają możliwości wykorzystania TTO w leczeniu zapalenia dziąseł oraz kandydozy jamy ustnej. Istnieją także wstępne dowody sugerujące zmniejszenie poziomu związków powodujących nieświeży oddech po zastosowaniu olejku z drzewa herbacianego [27].

W rezultacie, TTO jawi się jako obiecujący środek naturalny w terapii przeciwwzapalnej i immunomodulacyjnej, zwiększając możliwości jego zastosowania w leczeniu różnorodnych schorzeń skórnych oraz stanów zapalnych jamy ustnej.

4. ZASTOSOWANIA PRAKTYCZNE

Olejki roślin z rodzaju *Melaleuca* znalazły szerokie zastosowanie w dermatologii.

TTO jest stosowany w leczeniu różnych infekcji skóry, szczególnie tych wywołanych przez bakterie, takie jak gronkowce i paciorkowce ropne. Jest skuteczny w zwalczaniu zakażeń grzybiczych skóry, stóp i paznokci, zarówno spowodowanych przez dermatofity, jak i grzyby drożdżoidalne. Olejek ten wykazuje również pozytywne rezultaty w leczeniu trądziku, będąc istotnym narzędziem w pielęgnacji skóry trądzikowej [6]. TTO wykazuje korzystne działanie również w wielu innych schorzeniach dermatologicznych, takich jak:

- wrzody i ropnie, dzięki właściwościom przeciwbakteryjnym,
- egzemy, pomagając w łagodzeniu stanów zapalnych skóry,
- trudno gojące się rany, wspomaganie procesu gojenia się ran, dzięki właściwościom antybakteryjnym i przyspieszającym regenerację skóry,
- afty i zajady, przynosi ulgę, pomagając w łagodzeniu bólu i wspierając proces gojenia,
- opryszczka, dzięki działaniu przeciwwirusowemu,
- łupież, dzięki działaniu przeciwgrzybiczemu,
- oparzenia słoneczne i termiczne, dzięki wspomagananiu procesu gojenia się skóry,

- ukąszenia i użądlenia owadów, dzięki właściwościom przeciwbakteryjnym i przeciwzapalnym [28].

Olejek niauli również stosowany jest w leczeniu zmian skórnych, takich jak: rany, skaleczenia, otarcia naskórka, wysypka, wrzody, czyraki. Okłady z dodatkiem olejku mogą być również stosowane w leczeniu poparzeń słonecznych, termicznych czy ukąszeń owadów [6].

Dobrze dobrane preparaty kosmetyczne do pielęgnacji skóry mogą skutecznie łagodzić różnego rodzaju dolegliwości dermatologiczne. Wśród popularnych produktów zawierających TTO znajdują się:

- toniki nawilżające mogą pomóc w utrzymaniu równowagi pH skóry
- kremy nawilżające i łagodzące mogą być stosowane na skórę twarzy i ciała, aby wspomóc proces regeneracji i złagodzić podrażnienia,
- mydła o delikatnych formułach mogą być skutecznym narzędziem w codziennej higienie skóry, zwłaszcza w przypadku skłonności do infekcji czy alergii,
- szampony czy balsamy o właściwościach przeciwłupieżowych mogą wspomagać leczenie i pielęgnację skóry głowy,
- pomadki mogą być skutecznym środkiem łagodzącym i nawilżającym dla spierzchniętych ust,
- pasty do zębów czy płyny do płukania jamy ustnej mogą wspomagać higienę jamy ustnej.

Preparaty zawierające olejek niauli mogą być stosowane w:

- pastylkach przeciwkaszlowych jako antyseptyk,
- pastach do zębów i płynach do płukania jamy ustnej celem wspomagania higieny jamy ustnej,
- preparatach do pielęgnacji cery tłustej, trądzikowej jako środek oczyszczający,
- preparatach do cery bladej, ziemistej i zmęczonej – wykorzystywane jest działanie odświeżające olejku.

Podobnie olejek kajeputowy może być stosowany w różnych gałęziach przemysłu, np. do aromatyzowania leków, detergentów, środków dezynfekujących czy mydeł. Do końca XIX wieku olejek ten był wykorzystywany do produkcji cukierków eukaliptusowych, jednak od XX wieku do tego celu zaczęto używać znacznie tańszego olejku eukaliptusowego, w którym 1,8-cyneol stanowi nawet do 90%. Ta zmiana spowodowała, że znacznie zmalało zainteresowanie olejkiem kajeputowym. Olejek kajeputowy ma łagodne działanie drażniące skórę co wykorzystywane jest przez przemysł farmaceutyczny w różnych preparatach rozgrzewających takich jak maści czy balsamy. Dzięki właściwościom wykrztuśnym i odkażającym znalazł on również zastosowanie w produktach do płukania gardła [6].

TTO odgrywa istotną rolę również w dziedzinie ginekologii, szczególnie w leczeniu zapaleń pochwy wywołanych przez grzyby drożdżoidalne, pierwotniaki i bakterie patogenne. Zastosowanie TTO, w formie kapsułek dopochwowych, żeli czy irygacji 1% roztworem olejku, może skutkować łagodzeniem objawów, takich jak świąd, upławy czy ból. Bez względu na długość trwania zakażenia, szanse na jego wyleczenie w ciągu trzech dni wynoszą 95%. Ponadto, olejek może wspomagać przywracanie naturalnej flory bakteryjnej, co jest istotne dla utrzymania zdrowego mikrobiomu pochwy [6, 29].

Z uwagi na działanie przeciwdrobnoustrojowe i przeciwzapalne olejków eterycznych roślin z rodzaju *Melaleuca*, stały się one efektywną opcją w leczeniu infekcji dróg oddechowych. Jeden z głównych terpenów występujących w tych olejkach – 1,8-cyneol to związek posiadający potencjalne właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwkaszlowe, rozszerzające oskrzela, mukolityczne, przeciwzapalne, pobudzające transport rzęsek i poprawiające czynność płuc. Z tych względów może być on stosowany w leczeniu różnorodnych schorzeń związanych z układem oddechowym [30].

TTO z powodzeniem znajduje zastosowanie w terapii chorób układu oddechowego, takich jak przeziębienie, grypa czy zapalenie oskrzeli. Preparaty płynne lub półstałe zawierające 5-10% TTO są odpowiednie do stosowania zewnętrznego, natomiast tradycyjnie, olejek ten był używany do leczenia infekcji dróg oddechowych poprzez wdychanie.

Olejek z drzewa niauli również jest używany jako antyseptyk do leczenia chorób układu oddechowego. Ponadto olejek ten działa uodparniająco i wzmacnia system immunologiczny organizmu. Najczęściej stosuje się inhalacje olejkiem niauli przy takich dolegliwościach jak przeziębienie, ból gardła, gorączka, katar czy kaszel. Może być również stosowany wspomagająco przy zapaleniu płuc i oskrzeli czy w astmie.

Olejek kajeputowy, podobnie jak inne olejki z rodzaju *Melaleuca* może być stosowany do leczenia chorób dróg oddechowych. Najbardziej znane preparaty farmaceutyczne, w których skład wchodzi olejek kajeputowy to:

- spirytus kajeputowy zawierający od 5 do 20% olejku kajeputowego, o działaniu odkażającym i przeciwreumatycznym,
- olejek Olbas [31] zawierający olejki: eukaliptusowy (35,45%), miętowy (35,45%), kajeputowy (18,5%), jałowcowy (2,7%) i goździkowy (0,1%), a ponadto salicylan metylu (3,7%) i mentol (4,1%). Produkt stosowany do inhalacji ułatwia oddychanie, odblokowuje zatłoczony nos czy zatoki dzięki zmniejszeniu obrzęku błony śluzowej górnych dróg oddechowych [6].

Należy pamiętać, że nie jest zalecane spożywanie olejków eterycznych, ze względu na możliwe wywołanie reakcji niepożądanych. Spożywanie olejków eterycznych może wywołać reakcje alergiczne. Składniki zawarte w olejkach mogą

spowodować swędzenie, wysypkę, obrzęk lub nawet trudności w oddychaniu u osób uczulonych. Dodatkowo, spożywanie olejków eterycznych może prowadzić do podrażnienia lub uszkodzenia błony śluzowej przewodu pokarmowego, co objawia się bólem brzucha, zgagą, nudnościami lub wymiotami. Warto również pamiętać, że niektóre olejki eteryczne mogą wchodzić w interakcje z lekami, co może prowadzić do zmiany w ich działaniu lub innych poważnych skutków ubocznych. Również stosowanie nierozcieńczonych olejków bezpośrednio na skórę może wywołać reakcje alergiczne oraz prowadzić do kontaktowego zapalenia skóry.

5. SKŁAD CHEMICZNY OLEJKÓW ETERYCZNYCH Z RODZAJU *MELALEUCA*

5.1 SKŁAD CHEMICZNY OLEJKÓW ETERYCZNYCH *MELALEUCA* *ALTERNIFOLIA*

We wczesnych latach 40. XX wieku znanych było jedynie kilka głównych związków występujących w TTO, takich jak: α -pinen, α - i γ -terpinen, *p*-cymentol i terpinen-4-ol. Dokładniejsza analiza składu chemicznego TTO była możliwa dopiero około 40 lat później i dzięki niej udało się zidentyfikować około 40 składników [32].

Zaobserwowano znaczną różnorodność w zawartości olejku oraz jego składzie chemicznym wśród drzew herbacianych rosnących w ich naturalnym środowisku w Australii [6]. To odkrycie doprowadziło do identyfikacji kilku chemotypów *M. alternifolia*, które różnią się głównie proporcjami składników olejku [33]:

- niskocyneolowy – zawartość 1,8-cyneolu jest najmniejsza i wynosi tylko kilka procent, natomiast głównymi składnikami są terpinen-4-ol, γ - i α -terpinen;
- średniocyneolowy – zawartość 1,8-cyneolu oraz terpinen-4-olu w olejku wynosi około 30%;
- wysokocyneolowy – głównym składnikiem olejku, stanowiąc blisko 60% jego zawartości, jest 1,8-cyneol;
- terpinolenowy – w olejku występuje głównie terpinolen w zawartości około 45%.

Australijskie normy ISO spełnia chemotyp niskocyneolowy, który charakteryzuje się wysoką zawartością terpinen-4-olu [6].

Inne badania [34], ujawniły zróżnicowaną zawartość olejku w liściach, która wynosiła od 2,5% do 8,8% w poszczególnych egzemplarzach drzew. W rezultacie tych obserwacji, sklasyfikowano różne chemotypy ze względu na skład olejku w liściach [6], co przedstawiono w tabeli 3.

Zgodnie z Farmakopeą Polską XI TTO powinien zawierać następujące składniki w określonych ilościach: α -pinen (1,0-6,0%), sabinen (<3,5%), α -terpinen (5,0-

13,0%), limonen (0,5-4,0%), 1,8-cyneol (<15,0%), γ -terpinen (10,0-28,0%), *p*-cymenten (0,5-12,0%), terpinolen (1,5-5,0%), terpinen-4-ol (>30,0%), aromadendren (<7,0%), α -terpineol (1,5-8,0%) [6, 35].

Tabela 3. Chemotypy drzewa herbacianego różniące się składem chemicznym olejku otrzymywanego z liści [6]
Table 3. Tea tree chemotypes differing in the chemical composition of the leaf oil [6]

Chemotypy	Zawartość [%]		
	terpinen-4-ol	1,8-cyneol	terpinolen
I	>30	10	0
II	<30	30-40	0
III	<30	40-70	0
IV	15-20	30-35	10-20
V	1-2	15-35	30-60

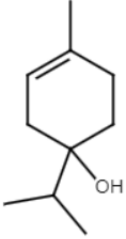
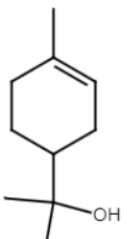
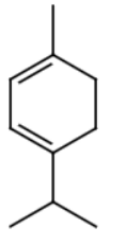
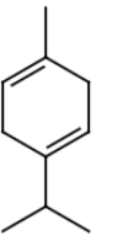
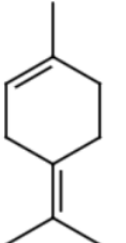
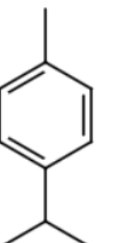

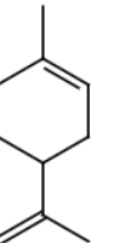
Wykorzystując chromatografię gazową sprzężoną ze spektrometrią mas (GCMS) zbadano następujące olejki handlowe firmy Biolavit: *M. alternifolia* (olejek z drzewa herbacianego), *M. viridiflora* (olejek niaouli) oraz *M. cajuputi* (olejek kajeputowy).

Analizę roztworów badanych olejków w dichlorometanie w stosunku objętościowym 1:50 (olejek/rozpuszczalnik) wykonano za pomocą chromatografu gazowego HP6890 sprzężonego z spektrometrem mas HP5973. Rozdział prowadzono na dwóch kolumnach firmy Zebron – polarnej ZB-WAX plus oraz niepolarniej ZB-5HT. Próbkę o objętości 1 μ l została automatycznie dozowana do dozownika typu split z podziałem strumienia 20:1, temperatura dozownika wynosiła 250°C. Warunki optymalnego rozdziału zostały uzyskane przy zastosowaniu programu grzewczego od 40°C do 280°C z prędkością grzania 5°C na minutę. Jako gaz nośny użyto helu o czystości 99,999%, przy przepływie 1 ml/min. Każda analiza została powtórzona trzykrotnie. Do identyfikacji poszczególnych składników wykorzystano bazę związków *NIST 11 MASS Spectral Library*, a także porównano ich indeksy retencji Kovatsa wyznaczone względem n-alkanów (C₉ – C₄₀).

W TTO firmy Biolavit zidentyfikowano 16 różnych związków terpenowych. Były to głównie monoterpeny stanowiące prawie 54% oraz ich pochodne tlenowe stanowiące ponad 39%. Powyższe substancje są również wymieniane w literaturze naukowej. Przykładowo, w analizowanym produkcie stwierdzono obecność 1,8-cyneolu, α - i γ -terpinenu oraz terpinenu-4-olu. Największą zawartość procentową

wykazuje terpinen-4-ol, stanowiący 33% całkowitej zawartości. Natomiast γ -terpinen występuje w ilości około 16%. Myrcen stanowi zaledwie 0,2% analizowanego preparatu, co oznacza, że ma najmniejszy udział procentowy spośród wszystkich zidentyfikowanych składników. Wzory głównych składników olejków eterycznych roślin z rodzaju *Melaleuca* przedstawiono w tabeli 4, natomiast wszystkie zidentyfikowane składniki olejku herbacianego firmy Biolavit zestawiono w tabeli 5. Sumaryczną zawartość zidentyfikowanych grup związków zebrano w tabeli 6.

Tabela 4. Główne składniki olejku eterycznego roślin z rodzaju *Melaleuca*
Table 4. The main components of oil from plants of the genus *Melaleuca*

			
terpinen-4-ol	α -terpineol	α -terpinen	γ -terpinen
			
terpinolen	<i>p</i> -cymen	1,8-cyneol	limonen

TTO firmy Biolavit można zaliczyć do chemotypu terpinolenowego, ponieważ jego głównym składnikiem jest terpinen-4-ol (>33%), monoterpenowy alkohol o charakterystycznym aromacie odczuwalnym jako ciepły, pieprzowy, z delikatnymi nutami ziemi oraz cytrusów. W składzie olejku występują również γ -terpinen i α -terpinen. Ponadto wysoki udział w składzie olejku stanowią *p*-cymen, limonen oraz α -pinen. Podobny skład TTO opisany jest również w innych pracach [37, 38].

Tabela 5. Związki zidentyfikowane w olejkach z roślin rodzaju *Melaleuca* – badania własne
 Table 5. Compounds identified in oils from plants of the genus *Melaleuca* - own research

Związek	<i>M. alternifolia</i>		<i>M. viridiflora</i>		<i>M. cajuputi</i>	
	A [%]	SD	A [%]	SD	A [%]	SD
α -pinen	5,98	0,02	14,33	0,09	25,60	0,26
α -tujen	-	-	0,43	0,01	0,29	0,01
fenzen	-	-	-	-	0,19	0,01
kamfen	-	-	0,35	0,01	0,87	0,01
β -pinen	0,69	0,01	5,98	0,02	2,35	0,01
sabinen	-	-	0,71	0,01	0,29	0,01
3-karen	4,36	0,01	-	-	6,10	0,01
α -fellandren	-	-	4,33	0,01	-	-
myrcen	0,19	0,00	0,33	0,01	0,20	0,00
1,4-cyneol	-	-	-	-	0,68	0,00
α -terpinen	0,65	0,01	0,24	0,01	-	-
limonen	8,77	0,02	2,26	0,01	1,79	0,01
1,8-cyneol	0,76	0,01	35,94	0,04	38,26	0,05
γ -terpinen	16,46	0,01	2,56	0,01	0,34	0,01
p-cymen	16,20	0,12	4,20	0,02	0,80	0,01
tlenek α -pinenu	-	-	-	-	0,18	0,01
terpinolen	1,24	0,01	-	-	0,50	0,09
α -kopaen	-	-	0,37	0,02	0,18	0,26
linalol	0,51	0,01	0,30	0,01	0,77	0,12
1-terpineol	-	-	0,25	0,01	-	-
kariofilen	0,90	0,01	6,04	0,04	0,70	0,13
aromandren	-	-	0,59	0,00	-	-
terpinen-4-ol	33,06	0,12	0,86	0,01	0,42	0,01
werbenol	-	-	-	-	0,15	0,98
humulen	1,04	0,01	0,77	0,01	-	-
octan terpinylu	-	-	0,32	0,01	-	-
β -terpineol	-	-	-	-	0,32	0,43
α -terpineol	4,47	0,01	14,16	0,04	16,18	0,50
γ -terpineol	0,65	0,01	1,87	0,02	2,65	0,88
kadinen	-	-	0,26	0,02	-	-
tlenek kariofilenu	-	-	0,39	0,01	-	-
α -eudesmol	-	-	0,28	0,01	-	-
β -eudesmol	-	-	0,30	0,01	-	-

Gdzie: A – średnia powierzchnia; SD – odchylenie standardowe

Zawartość terpinen-4-olu, γ -terpinenu, α -pinenu czy α -terpineolu w olejku handlowym firmy Biolavit spełnia normy Farmakopei Polskiej. Natomiast wyższa zawartość *p*-cymenu (około 16%) w porównaniu z farmakopealnymi normami może świadczyć o dłuższym czasie przechowywania tego olejku. Potwierdzeniem może być praca Brophy i in. [38], w której stwierdzono, że podczas przechowywania TTO zachodzi znaczne pogorszenie jakości, głównie z powodu procesów oksydacyjnych. Najcenniejsze składniki podlegają reakcjom utleniania: α - i γ -terpinen przekształcają się w *p*-cymen, co prowadzi do obniżenia ich zawartości z kilkunastu procent do zera po dwóch latach przechowywania, podczas gdy zawartość *p*-cymenu wzrasta do ponad 30%.

5.2 SKŁAD CHEMICZNY OLEJKÓW ETERYCZNYCH *MELALEUCA VIRIDIFLORA*

W obrębie gatunku *M. quinquenervia* (syn. *M. viridiflora*) również można wyróżnić kilka chemotypów w zależności od składu chemicznego olejku. Trzy główne chemotypy olejku eterycznego otrzymywanego z drzew niauli [6, 39, 40] to:

- cyneolowy – głównym składnikiem jest 1,8-cyneol (49–62%), stanowi on 92% wszystkich olejków,
- wiridiflorowy – głównym składnikiem jest wiridiflorol (21–36%), ten chemotyp reprezentują rośliny rosnące na Madagaskarze i w Afryce Zachodniej,
- nerolidolowy – głównym składnikiem jest nerolidol (56–95%), rośliny z Madagaskaru, a także Australii, z tego chemotypu produkowany jest australijski olejek nerolinowy.

Oprócz tych najważniejszych chemotypów olejku niauli wyróżniono jeszcze kilka mniej popularnych, a mianowicie olejki zawierające:

- równą ilość 1,8-cyneolu oraz wiridiflorolu (po 20–30%), ten chemotyp reprezentują rośliny rosnące na Madagaskarze i w Afryce Zachodniej,
- globulol (20–25%) oraz *p*-cymen (10–25%), ten chemotyp reprezentują rośliny rosnące w Nowej Kaledonii,
- globulol (20%) oraz γ -terpinen (20%), ten chemotyp reprezentują rośliny rosnące również w Nowej Kaledonii.

Olejek niauli firmy Biolavit charakteryzował się najbogatszym składem ze wszystkich badanych olejków handlowych – zawierał 26 zidentyfikowanych związków terpenowych. Wzory głównych składników olejków eterycznych roślin z rodzaju *Melaleuca* przedstawiono w tabeli 4, natomiast wszystkie zidentyfikowane składniki tego olejku przedstawiono w tabeli 5. Sumaryczną zawartość zidentyfikowanych grup związków zebrano w tabeli 6.

W olejku niauli najliczniejszą grupę zidentyfikowanych związków stanowiły monoterpenny (niecałe 54%), takie jak 1,8-cyneol (eukaliptol) występujący w ilości 36% czy α -terpineol w ilości około 14%. Zatem badany olejek można zaliczyć do najpopularniejszego chemotypu cyneolowego. Kolejną istotną grupą zidentyfikowaną w tym olejku były monoterpenny (około 33%). Do przykładowych monoterpennów wchodzących w skład olejku niauli firmy Biolavit należały α -pinen, β -pinen, czy p -cymen. Skład chemiczny olejku niauli dopełniała grupa seskwiterpenów (8%), tutaj jako przykład można podać kariofilen, oraz ich pochodne tlenowe seskwiterpenoidy (1%). Jedynie w olejku niaouli udało się zidentyfikować trzy seskwiterpenoidy takie jak: tlenek kariofilenu, α - i β -eudesmol.

5.3 SKŁAD CHEMICZNY OLEJKÓW ETERYCZNYCH *MELALEUCA CAJUPUTI*

Głównym składnikiem olejku eterycznego otrzymywanego z *M. cajuputi* subsp. *cajuputi* jest 1,8-cyneol (15-60%). Ta roślina zawiera największą ilość 1,8-cyneolu w porównaniu z innymi i jest powszechnie używana jako źródło komercyjnego olejku kajeputowego. Głównymi składnikami olejku eterycznego z *M. cajuputi* subsp. *kumingiana* z Tajlandii i Wietnamu są γ -terpinen (14-17%) i terpinolen (10-23%). Natomiast olejek z indonezyjskiej części Borneo zawiera znacznie większe ilości β -kariofilenu (23-44%), humulenu (9-14%) i kajeputolu (2-18%). W przypadku olejku eterycznego *M. cajuputi* subsp. *platyphylla* można wyróżnić dwa chemotypy. Chemotyp I zawiera znaczne ilości β -triketonu (2-80%) i kajeputolu (3-57%), natomiast chemotyp II jako główny składnik zawiera α -pinen (12-70%) i niewielkie ilości 1,8-cyneolu (0,1-10%) [41].

Najbogatsze w eukaliptol są handlowe olejki kajeputowe pochodzące z Wietnamu czy Indonezji, ponieważ zawartość tego najcenniejszego składnika olejku może wynosić do 65%. Olejek kajeputowy podzielono na kilka gatunków w zależności od zawartości eukaliptolu:

- około 60% – pierwszy gatunek,
- 40-50% – drugi gatunek,
- mniej niż 40% – trzeci gatunek [15].

W handlowym olejku kajeputowym firmy Biolavit zidentyfikowano 23 związki terpenowe. Wzory głównych składników olejków eterycznych roślin z rodzaju *Melaleuca* przedstawiono w tabeli 4, natomiast wszystkie zidentyfikowane składniki tego olejku przedstawiono w tabeli 5. Sumaryczną zawartość zidentyfikowanych grup związków zebrano w tabeli 6.

Najliczniejszą grupę zidentyfikowanych związków olejku kajeputowego, podobnie jak w olejku niauli, stanowiły monoterpenny (aż 60%) oraz monoterpenny (36,5%). Główne składniki olejku kajeputowego były takie same jak w olejku niauli: 1,8-cyneol (ponad 38%), α -pinen (25,6%) oraz α -terpineol (16%). Olejek kajeputowy zawierał najmniej seskwiterpenów ze wszystkich badanych olejków – poniżej 1%.

Tabela 6. Zidentyfikowane grupy terpenów i terpenoidów w badanych olejkach – badania własne
 Table 6. Identified groups of terpenes and terpenoids in the oils analyzed - own research

Grupa związków	Olejek eteryczny					
	Drzewo herbaciane		Niaouli		Kajeput	
	Ilość	Suma [%]	Ilość	Suma [%]	Ilość	Suma [%]
Monoterpeny	9	53,88	11	32,85	11	36,47
Monoterpenoidy	5	39,43	7	53,70	10	60,11
Seskwiterpeny	2	1,94	5	8,02	2	0,88
Seskwiterpenoidy	0	0	3	0,98	0	0

PODSUMOWANIE

Skład chemiczny olejków jest silnie zróżnicowany i zależy od wielu czynników, takich jak warunki środowiskowe, w jakich rosły rośliny, oraz metody ekstrakcji stosowane przez producentów. Zastosowanie kolumn o różnej polarności w naszych badaniach umożliwiło lepszą identyfikację terpenów wchodzących w skład poszczególnych olejków eterycznych z rodzaju *Melaleuca*.

W badanych handlowych olejkach eterycznych z rodzaju *Melaleuca* firmy Biolavit udało się nam zidentyfikować od szesnastu do dwudziestu sześciu lotnych związków chemicznych. Głównymi składnikami wszystkich analizowanych olejków były: 1,8-cyneol (eukaliptol), terpinen-4-ol oraz izomery terpinenów. Olejek kajeputowy wyróżniał się najwyższą zawartością eukaliptolu, natomiast TTO charakteryzował się największą ilością terpinen-4-olu. Olejek kajeputowy zawierał najmniejszą ilość seskwiterpenów, a olejek niaouli charakteryzował się największą ich zawartością. Jedynie w olejku niaouli udało się zidentyfikować takie seskwiterpenoidy jak: tlenek kariofilenu, α - i β -eudesmol.

Olejki eteryczne z roślin rodzaju *Melaleuca*, takie jak TTO (*M. alternifolia*), olejek kajeputowy (*M. cajuputi*) oraz olejek niaouli (*M. viridiflora*) wykazują silną aktywność przeciwdrobnoustrojową. Wymienione olejki działają bakterio- i grzybobójczo, zwłaszcza wobec niektórych bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych oraz grzybów. Najaktywniejszymi składnikami olejków są 1,8-cyneol i terpinen-4-ol, które odpowiadają za ich potencjalne właściwości antyseptyczne. Ich

aktywność przeciwdrobnoustrojowa obejmuje nie tylko skórę, ale także układ oddechowy, co sprawia, że mogą być stosowane w celach pielęgnacyjnych, w aromaterapii oraz łagodzeniu infekcji dróg oddechowych i innych dolegliwości zdrowotnych.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, M. Idaomar, *Food Chem Toxicol.*, 2008, **46**, 448
- [2] M. Wróblewska, E. Szymańska, K. Winnicka, *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, **22**, 11326.
- [3] J. Golijan-Pantović, M. Sečanski, *Contemporary Agriculture*, 2022, **71**, 141.
- [4] S. Panda, *Adv. Tradit. Med.*, 2022, **22**, 1.
- [5] D. Kiefer, M. Kaczorowska, A. Weil, T. Low Dog, S. Foster, R. L. Johnson, *National Geographic*, 2020.
- [6] A. Lis, *Najcenniejsze olejki*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2019.
- [7] H. Nguyen, *J. Trop. For. Sci.*, 2019, **31**, 230.
- [8] C. F. Carson, T. V. Riley, *Lett. Appl. Microbiol.*, 1993, **16**, 49.
- [9] I. Konopacka-Brud, W. S. Brud, *Aromaterapia dla każdego*, Vital, Białystok, 2020.
- [10] J. Sharifi-Rad, *Phytother. Res.*, 2017, **31**, 1475
- [11] I. Southwell, R. Lowe, *Tea tree: the genus Melaleuca*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 1999.
- [12] C. F. Carson, K. A. Hammer, T. V. Riley, *Clin. Microbiol. Rev.*, 2006, **19**, 50
- [13] R. D. Geofrey, *Tea tree: the genus Melaleuca*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 1999.
- [14] Q. Huynh, T. D. Phan, V. Q. Q. Thieu, S. T. Tran, S. H. Do, *J. Phys. Conf. Ser.*, 2012, **352**, 12053
- [15] B. M. Lawrence, *Perf. Flav.*, 2012, **37**, 56.
- [16] E. Guenther, *The Essential Oils*. van Nostrand Co., Toronto, 1953.
- [17] E. Gildemeister, F. Hoffmann, *Die Atherischen Ole*. Akademie-Verlag, Berlin, 1961.
- [18] D. Kalemba, A. Kunicka, *Curr. Med. Chem.*, 2003, **10**, 813.
- [19] D. Yu, J. Wang, X. Shao, F. Xu, H. Wang, *J. Appl. Microbiol.*, 2015, **119**, 1253.
- [20] K. A. Hammer, C. F. Carson, T. V. Riley, *J. Appl. Microbiol.*, 2003, **95**, 853.
- [21] A. Astani, J. Reichling, P. Schnitzler, *Phytother. Res.*, 2010, **24**, 637.
- [22] A. Garozzo, R. Timpanaro, B. Bisignano, P. M. Furneri, G. Bisignano, A. Castro, *Lett. Appl. Microbiol.*, 2009, **49**, 806.
- [23] A. Garozzo, R. Timpanaro, A. Stivala, G. Bisignano, A. Castro, *Antiviral Res.*, 2011, **89**, 83.
- [24] C. Brand., *Inflamm. Res.*, 2001, **50**, 213.
- [25] A. L. Pearce, J. J. Finlay-Jones, P. H. Hart, *Inflamm. Res.*, 2005, **54**, 22.
- [26] P. H. Hart, C. Brand, C. F. Carson, T. V. Riley, R. H. Prager, J. J. Finlay-Jones, *Inflamm. Res.*, 2000, **49**, 619.
- [27] U. P. Saxer, A. Stäuble, S. H. Szabo, G. Menghini, *Schweiz. Monatsschr. Zahnmed.* 2003, **113**, 985.
- [28] A. Kędzia, H. Ostrowski-Meissner, A. W. Kędzia, *Postępy Fitoterapii*, 2004, **4**, 158.
- [29] J. Buckle, *Sexuality, Reproduction and Menopause*, 2006, **4**, 38.
- [30] G. Horváth, K. Ács, *Flavour Fragr. J.*, 2015, **30**, 331.
- [31] https://www.doz.pl/apteka/p3544-Olbas_Oil_plyn_do_sporzadzania_inhalacji_parowej_10_ml.
- [32] G. A. Shabir, *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2005, **39**, 681.
- [33] J. Verghese, C. V. Jacob, C. V. K. Kartha, M. McCarron, A. J. Mills, D. Whittaker, *Flavour Fragr. J.*, 1996, **11**, 219.
- [34] B.M. Lawrence, *Perf. Flavour.*, 2001, **26**, 51.
- [35] *Farmakopea Polska XI*. Warszawa, 2016.
- [36] <https://webbook.nist.gov/chemistry/gc-ri/>.
- [37] R. Shellie, P. Marriott, G. Zappia, L. Mondello, G. Dugo, *J. Essent. Oil Res.*, 2003, **15**, 305.

-
- [38] J. J. Brophy, N. W. Davies, I. A. Southwell, I. A. Stiff, L. R. Williams, *J. Agric. Food Chem.*, 1989, **37**, 1330.
- [39] B. F. Ireland, D. Hibbert, R. J. Goldsack, J. C. Doran, J. Brophy, *Biochem. Syst. Ecol.*, 2002, **30**, 457.
- [40] P. Ramanoelina, J. Bianchini, E. Gaydou, *J. Essent. Oil Res.*, 2008, **20**, 26.
- [41] S. Sutrisno, R. Retnosari, H. Asmaningrum, *Adv. Eng. Res.*, 2018, **171**, 14.

Praca wpłynęła do Redakcji 18 marca 2024 r.

