

Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. S. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin  
e-mail: renata.nurzynska@up.lublin.pl

RENATA NURZYŃSKA-WIERDAK

## **Aktywność biologiczna olejków eterycznych roślin z rodziny Pinaceae**

---

Biological activity of essential oils from the plants of the Pinaceae family

**Streszczenie.** Rośliny z rodziny sosnowatych (Pinaceae) występują w różnych strefach klimatycznych, głównie na obszarach chłodnych i umiarkowanych półkuli północnej. Właściwości lecznicze wymienionych roślin wynikają głównie z obecności olejków eterycznych, zawierających jako składniki dominujące węglowodory monoterpene:  $\alpha$ -pinen, 3-karen,  $\beta$ -pinen, kamfen,  $\beta$ -felandren i seskwiterpeny, głównie pochodne murolenu i kadinenu. Najlepiej udokumentowana jest aktywność biologiczna olejków roślin z rodzaju *Pinus*; inne gatunki roślin z tej rodziny wydają się być także interesującym źródłem olejku eterycznego. Olejki eteryczne roślin sosnowatych działają przede wszystkim przeciwbakteryjnie, przeciwgrzybiczo, uspakajająco, antyoksydacyjnie i przeciwnowotworowo, co stwarza różne możliwości ich zastosowań zapobiegawczych oraz terapeutycznych.

**Słowa kluczowe:** sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), węglowodory monoterpene, aktywność przeciwdrobnoustrojowa

### WSTĘP

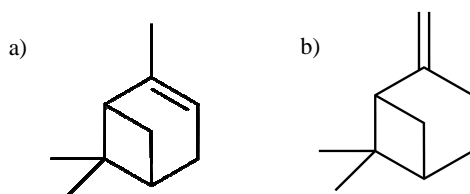
Rodzina sosnowate (Pinaceae) obejmuje około 300 gatunków drzew i krzewów, charakteryzujących się obecnością żywicy i olejków lotnych zawierających związki terpenowe. W Polsce występuje 8 gatunków z tej rodziny, w tym drzewa lecznicze: sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), świerk pospolity (*Picea abies* L.), jodła pospolita (*Abies alba* L.), modrzew europejski (*Larix decidua* L.) [Strzelecka i Kowalski 2000, Broda 2002]. Rośliny z rodziny sosnowatych występują przede wszystkim na obszarach chłodnych i umiarkowanych półkuli północnej, ale niektóre rodzaje (cedr, daglezja, modrzewnik) rosną również w cieplejszym klimacie. Walory lecznicze wymienionych roślin związane są przede wszystkim z obecnością olejków eterycznych, wykorzystywanych do produkcji leków i preparatów kosmetycznych. Przedmiotem licznych badań naukowych są substancje lotne otrzymywane z igieł, nasion, szyszek i pędów różnych gatunków i odmian roślin z rodziny sosnowatych. W pracy przedstawiono przegląd wyników badań

naukowych dotyczących składu oraz aktywności biologicznej i możliwości zastosowania terapeutycznego olejków eterycznych roślin z rodziny sosnowatych.

#### OLEJEK ETERYCZNY SOSNY ZWYCZAJNEJ

Rodzaj sosna (*Pinus*) obejmuje około 100 olejkodajnych gatunków występujących głównie w umiarkowanej strefie klimatycznej na półkuli północnej [Góra i Lis 2005]. Niektóre gatunki z tego rodzaju rosną także w krajach klimatu śródziemnomorskiego, a nawet ciepłego klimatu zwrotnikowego i podrównikowego. Najbardziej znanym gatunkiem z rodzaju *Pinus* jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.). Występuje powszechnie na terenie Europy Północnej i Środkowej oraz Syberii Wschodniej. W Polsce jest bardzo pospolitym drzewem tworzącym czyste bory sosnowe i lasy mieszane na niżu, w pasie podgórnym i w górach [Broda 2002, Góra i Lis 2005]. Pędy sosny używane są jako środek wykrztuśny, do otrzymywania syropów (*Sirupus Pini comp.*), jako dodatek do kąpieli aromatycznych oraz do destylacji olejku [Kohlmünzer 2013].

**Skład chemiczny olejku i żywicy sosny zwyczajnej.** Olejek sosny zwyczajnej (*Oleum Pini sylvestris*) otrzymywany jest metodą destylacji z parą wodną z młodych pędów i igieł. Gromadzi się w licznych długich przewodach żywicznych, biegnących wzdłuż pnia i konarów sosny. Jest to bezbarwna lub jasnożółta ciecz o przyjemnym, balsamicznym zapachu. W aromaterapii to jeden z najbezpieczniejszych olejków, o bardzo szerokim zastosowaniu w inhalacjach i kąpielach [Góra i Lis 2005]. W olejku dominują węglowodory monoterpene (75%):  $\alpha$ -pinen (14–65%), 3-karen (0–61%),  $\beta$ -pinen (1–40%), limonen (0–34%), kamfen (0–8%),  $\beta$ -felandren (0–29%) (rys. 1) [Góra i Lis 2005, Kędzia i in. 2012]. Około 15% składników stanowią seskwiterpeny, głównie pochodne murolenu i kadinenu; wśród pochodnych tlenowych terpenów najważniejsze są borneol (0–6%) i octan bornyłu (0–5%). Skład chemiczny olejku sosnowego może różnić się w zależności od pochodzenia surowca.



Rys. 1. Składniki dominujące olejków sosnowych: a)  $\alpha$ -pinene, b)  $\beta$ -pinene

Fig. 1. Main compounds of pine oils: a)  $\alpha$ -pinene, b)  $\beta$ -pinene

Oprócz olejku eterycznego sosna zwyczajna dostarcza także żywicy, z której otrzymuje się kalafonię (*Colophonium*) i terpentynę (*Therebinthina*); surowcem zielarskim są również niedojrzałe szyszki i młode pędy (*Pini turiones*). Olejek terpentynowy (terpentyna oczyszczona) – bezbarwna lub jasnożółta ciecz o swoistym zapachu i palącym, ostrym smaku – produkowany jest z terpentyny balsamicznej metodą rektyfikacji. Odznacza się większą lotnością i czystością niż terpentyna. Zawiera głównie pineny:  $\alpha$ -pinen (do 80%) i  $\beta$ -pinen (do 15%) oraz  $\delta$ -3-karen (do 30%) [Strzelecka i Kowalski 2000, Góra i Lis 2005, Kohlmünzer 2013].

**Aktywność biologiczna olejku sosny zwyczajnej.** Olejek sosnowy (*Oleum Pini sylvestris*) działa wykrztuśnie, bakteriobójczo i rozkurczowo. Polecany jest do inhalacji w schorzeniach górnych dróg oddechowych (zapaleniu oskrzeli, kaszlu, nieżytach gardła, krtani, nosa). Kąpiele z dodatkiem olejku stosowane są przy leczeniu dermatoz, okłady i masaże działają rozgrzewająco [Góra i Lis 2005]. Yang i in. [2010] w swych badaniach dowiedli aktywności antyoksydacyjnej olejku eterycznego otrzymanego z szyszek sosny zwyczajnej, którego głównymi składnikami były: aromadendren (20,2%),  $\alpha$ -pinen (18,5%),  $\alpha$ -longipinen (10,5%) i  $\alpha$ -terpineol (5,5%). Olejek sosnowy wykazał znaczną aktywność przeciwbakteryjną wobec ocenianych przez Kędzia i Kędzia [2009] bakterii beztlenowych. Najbardziej wrażliwe na olejek sosnowy spośród bakterii Gram-ujemnych badanych przez tych autorów okazały się szczepy z rodzaju *Prevotella* i *Porphyromonas*, a najmniej wrażliwe szczepy ziarniaków z rodzaju *Veillonella*. Największą aktywność wykazał olejek wobec Gram-dodatnich ziarniaków z rodzaju *Anaerococcus*, a najmniejszą wobec bakterii z rodzaju *Ruminococcus*. Spośród Gram-dodatnich pałeczek najmniej wrażliwe na olejek sosnowy były szczepy z rodzaju *Actinomyces*. Wrażliwość bakterii Gram-ujemnych i Gram-dodatnich na niskie stężenia olejku sosnowego była zbliżona [Kędzia i Kędzia 2009]. Grzyby drożdżopodobne z rodzaju *Candida* odznaczały się umiarkowaną wrażliwością na olejek sosnowy. Największą aktywność olejek wykazał wobec szczepów *Candida kefyr* i *C. tropicalis*, najniższą wrażliwością charakteryzowały się szczepy z gatunku *C. humicola* [Kędzia i in. 2012].

Olejek terpentynowy do celów leczniczych stosowany jest zewnętrznie, głównie do nacierañ. Działa wykrztuśnie, odkażająco, rozkurczowo i moczopędnie. Silnie drażni błony śluzowe. Izolowane z olejku pineny nie mają działania drażniącego i mogą być podawane doustnie [Strzelecka i Kowalski 2000, Góra i Lis 2005]. Terpentyna jest także ważnym surowcem dla przemysłu chemicznego. Służy między innymi do otrzymywania  $\alpha$ -pinenu oraz innych związków o właściwościach zapachowych lub znaczeniu medycznym [Trytek i in. 2007]. Jeden z głównych składników terpentyny (oprócz  $\alpha$ -pinenu) – bicykliczny węglowodór monoterpenu 3-karen – jest bardzo przydatnym substratem w syntezie różnych związków biologicznie aktywnych. Związek ten występuje tylko w niektórych gatunkach drzew iglastych, m.in. w sosnie zwyczajnej. Większość innych gatunków z rodziny Pinaceae jest niemal całkowicie pozbawiona tego węglowodoru. Wśród związków syntetyzowanych z 3-karenu bardzo interesującą grupę stanowią produkty będące analogami znanych anestetyków lokalnych, leków kardiotropowych i neuromodulatorowych. Przeprowadzone testy farmakologiczne pochodnych karenu i bicyklo[3.1.0]heksanu potwierdziły ich aktywność farmakologiczną. Najbardziej cennym preparatem uzyskanym z terpentyny okazała się pochodna aminohydroksyiminokaranu (*R,S*)-332, silny środek miejscowo znieczulający o aktywności pięciokrotnie silniejszej od aktywności preparatów stosowanych w farmakologii [Lochyński 2004].

**Preparaty lecznicze zawierające olejek *Pinus sylvestris*.** Większość preparatów zawierających olejek sosnowy i terpentynowy stosowana jest w schorzeniach układu oddechowego. Olejek sosnowy wykorzystywany jest do produkcji syropów, a także jako dodatek do kąpieeli aromatycznych. Właściwości przeciwzapalne olejku wynikają ze zdolności hamowania produkcji tlenu azotu [Szumny i in. 2007]. Rynek leków naturalnych oferuje liczne preparaty zawierające olejki z sosny, między innymi: Analgol – preparat zawierający kamforę, olejek jałowcowy, mentol, olejek sosnowy i terpentynowy; Eukaliptiss – preparat zawierający kamforę, olejek eukaliptusowy i olejek sosnowy;

Herbolen – składający się z kamfory, olejku eukaliptusowego, majerankowego, sosnowego i terpentynowego; Inhalol – złożony z olejków: miętowego, sosnowego, tymiankowego i terpentynowego; czysty olejek sosnowy (*Oleum Pini sylvestris*); Pulmonil – zawierający kamforę, mentol i tymol oraz olejki: eukaliptusowy, jałowcowy, sosnowy i terpentynowy. Olejek sosnowy wchodzi w skład maści i mazideł rozgrzewających oraz preparatu Fitolizyna. Olejek terpentynowy używany jest jako składnik drażniący mazideł, maści i plastrów [Kohlmünzer 2013]. Izolowana z olejku mieszanina pinenów wchodzi w skład leku Terpichol, o działaniu przeciwskurczowym i żółciopędnym, oraz preparatu Terpinen, działającego moczopędnie i przeciwbakteryjnie [Góra i Lis 2005].

#### OLEJKI ETERYCZNE INNYCH GATUNKÓW Z RODZAJU *PINUS*

Oprócz olejku eterycznego sosny zwyczajnej także olejki innych gatunków z rodzaju *Pinus* mogą być wykorzystywane w lecznictwie i produkcji kosmetycznej.

Badania składu chemicznego olejków sosnowych wskazują na jego duże zróżnicowanie powodowane różnymi czynnikami. Kiliń i Koçak [2014] podają, że chociaż skład olejków eterycznych sosny wejmutki (*P. strobus* L.), sosny drobnokwiatowej (*P. parviflora* Siebold et Zucc.), kosodrzewiny (*P. mugo* Turra ssp. *mugo*), sosny czerwonej (*P. resinosa* Ait.), sosny giętkiej (*P. flexilis* E. James) i sosny czarnej (*P. nigra* Arn.) wykazuje zróżnicowanie powodowane czynnikami klimatycznymi, geograficznymi i geologicznymi, składniki dominujące są na ogół podobne i pozostają chemotaksonomicznymi markerami. Autorzy sugerują, że takim markerem dla gatunków: *P. strobus*, *P. parviflora*, *P. mugo* ssp. *mugo*, *P. resinosa*, *P. flexilis* może być  $\alpha$ -pinen, a dla *P. nigra* – kwas octowy [Kiliń i Koçak 2014]. Z drugiej jednak strony Tumen i in. [2010] wykazali znaczącą zawartość  $\alpha$ -pinenu w olejkach eterycznych *P. sylvestris*, *P. nigra* i *P. halepensis* (47,1–14,8%). Ponadto autorzy ci stwierdzili występowanie innych związków dominujących: limonenu (62,8%) dla gatunku *P. pinea* oraz  $\beta$ -pinenu dla roślin *P. brutia* i *P. orientalis* (odpowiednio: 39,6 i 32,7%) [Tumen i in. 2010]. W badaniach gatunków: *P. ponderosa* (sosna żółta), *P. resinosa* (sosna czerwona) i *P. strobus* (sosna wejmutka) [Krauze-Baranowska i in. 2002] wykazano, że olejki *P. resinosa* i *P. ponderosa* charakteryzują się wyższą koncentracją  $\beta$ -pinenu (odpowiednio: 42,4% i 45,7%) w porównaniu z olejkiem *P. strobus* (7,9%). W olejku otrzymanym z igieł *P. strobus* dominował z kolei  $\alpha$ -pinen (17,7%) i germakren D (12,2%), a w olejku *P. resinosa* – mircen (15,9%).

Odmianą sosny górskiej (*Pinus montana* Mill.) – jest **kosodrzewina** (*P. mugo* Turra ssp. *mugo* Scop.) [Góra i Lis 2005], w Polsce objęta ochroną gatunkową. Gatunek ten ma podobne znaczenie w lecznictwie jak sosna zwyczajna. Surowiec (cetyna) do otrzymywania olejku kosodrzewinowego stanowią świeże, pocięte igły i drobne gałęzie [Strzelecka i Kowalski 2000]. Materiał roślinny po rozdrobnieniu poddaje się destylacji z przegrzaną parą wodną przez 5 h, w wyniku czego uzyskuje się olejek z wydajnością 0,3–0,4%. Olejek kosodrzewinowy jest bezbarwną lub jasnożółtą cieczą o balsamicznym, orzeźwiający zapachu, delikatniejszym i przyjemniejszym niż olejek sosnowy [Góra i Lis 2005]. Olejek zawiera jako dominujące składniki: 3-karen (do 35%),  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen (20%) oraz  $\beta$ -felandren (20%); a także w zróżnicowanych ilościach: kamfen i limonen (1–40%), mircen (1–25%), terpinolen (1–30%), alkohole terpenowe: borneol, terpinen-4-ol oraz ich estry (octan bornylu do 17%) [Strzelecka i Kowalski 2000, Góra i Lis 2005]. Olejek

kosodrzewinowy działa bakteriobójczo. Znajduje zastosowanie jako składnik herbat ziołowych, wykorzystywany jest również jako środek odkażający, rozkurczowy, do produkcji preparatów przeciwprzeziębieniowych, przeciwkaszlowych, przeciwbólowych, stosowanych w leczeniu chorób skórnych. Olejek może działać alergizująco i pogłębiać skurcze oskrzeli. Przeciwwskazaniem do stosowania olejku w inhalacjach są schorzenia astmatyczne [Strzelecka i Kowalski 2000].

***Pinus roxburghii* Sargent** (syn. *Pinus longifolia* Roxb.), gatunek sosny rosnący w Himalajach, dostarcza surowca (liście, szyszki, kora) o właściwościach odnawiających tkanki oraz o działaniu cytotoksycznym, przeciwbakteryjnym, przeciwgrzybiczym i rozkurczającym. Olejek eteryczny tej sosny zawiera głównie: limonen,  $\alpha$ -felandren, borneol, longifolen oraz  $\alpha$ -kadinen [Shuaib i in. 2013]. Z badań Satyala i in. [2013] wynika, że olejek destylowany z szyszek, igieł i kory *P. roxburghii* zawiera odpowiednio: 81, 78 i 68 składników, z dominującą grupą seskwiterpenów, szczególnie: (E)-kariofilenu (26,8–34,5%) i  $\alpha$ -humulenu (5,0–7,3%) oraz alkoholi monoterpenowych: terpinen-4-olu (4,1–30,1%) i  $\alpha$ -terpineolu (2,8–5,0%). Testy bioaktywności wykazały m.in., że olejek otrzymany z szyszek nie ma właściwości przeciwdrobnoustrojowych, ale działała antygrzybiczo w odniesieniu do *Aspergillus niger* [Satyal i in. 2013]. Z kolei badania składu chemicznego i aktywności olejku destylowanego z pędów *P. roxburghii* [Hassan i Amjid 2009] wykazały dominację  $\alpha$ -pinenu (41,9%) nad 3-karenem (16,3%) i kariofilenem (12,3%) oraz aktywność antydnoboustrojową w stosunku do: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus terreus*, *A. flavus*, *A. candidus*, *A. versicolor*, *A. niger* oraz *Trichoderma viride*.

**Sosna rumelijska**, zwana też **macedońską** (***Pinus peuce* Griseb.**), jest gatunkiem endemicznym na obszarze Półwyspu Bałkańskiego. Olejek destylowany z pędów *P. peuce* zawiera jako składniki dominujące:  $\alpha$ -pinen (12,89–27,34%),  $\beta$ -pinen (6,16–13,13%), limonen z  $\beta$ -phellandrenem (2,09–6,64%), octan bornylu (2,92–11,67%), trans-(E)-kariofilen (4,63–7,13%) i germakren D (8,75–20,14%). Olejek działa przeciwbakteryjnie i jest wskazywany jako obiecujący środek do zwalczania *Streptococcus pneumoniae*, zalecany jest również do inhalacji przy zakażeniach górnych dróg oddechowych oraz do leczenia chorób skóry wywołanych przez *Staphylococcus aureus* [Karapandzova i in. 2011].

**Sosna karaibska** (***Pinus caribaea* Morelet**) pochodzi z Ameryki Środkowej, rośnie na Kubie, Wyspach Bahama i Wyspach Karaibskich. Głównymi składnikami olejku sosny karaibskiej są:  $\beta$ -felandren (67,9%),  $\beta$ -kariofilen (10,2%) oraz  $\alpha$ -pinen (5,4%), a aktywność antybakteryjna tego olejku jest skierowana głównie w kierunku *Pseudomonas aeruginosa* [Sonibare i Olakunle 2008]. Olejek tego gatunku sosny może być skutecznym terapeutycznym z uwagi na dużą oporność wymienionej bakterii na antybiotyki.

**Sosna limba** (***Pinus cembra* L.**), gatunek objęty w Polsce ochroną prawną, dostarcza cennego olejku otrzymany z igieł i pędów. Jego składnikami dominującymi są węglowodory monoterpenowe; nie stwierdza się w nim natomiast związków fenolowych. Badania przeprowadzone przez Apetrei i in. [2013] dowiodły wysokiej aktywności olejku limby przeciwko *Sarcina lutea*, *Staphylococcus aureus* oraz *Candida albicans*.

**Sosna nadmorska** (***Pinus pinaster* Aiton**) jest gatunkiem śródziemnomorskim, naturalizowanym w południowej Anglii, południowej Afryce i Australii. Jej olejek eteryczny ( $\beta$ -kariofilen – 30,9% i  $\beta$ -selinen – 13,45%) wykazuje umiarkowaną aktywność przeciwko *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* i *Escherichia coli*, ale nie wpływa na wzrost *Erwinia amylovora*, *Aspergillus flavus* i *A. niger* [Mimoune i in. 2013]. Z sosny

nadmorskiej otrzymuje się także olejek terpentynowy francuski, zawierający dodatkowo inne składniki: dipenten, limonen, seskwiterpeny [Kohlmünzer 2013]. Badania *in vitro* olejku terpentynowego otrzymanego z oleożywicy *P. pinaster* [Stojković i in. 2008] wykazały, że zarówno olejek, jak i jego główny składnik,  $\alpha$ -pinen (stanowiący 90,82% olejku), mogą być użytecznym środkiem w leczeniu stopy madurskiej – zakaźnej choroby skóry wywołanej przez *Actinomyces madurae*.

### Ważniejsze rodzaje aktywności biologicznej wybranych olejków sosnowych

**Aktywność przeciwdrobnoustrojowa.** Jednym z ważniejszych kierunków działania olejków eterycznych jest ich aktywność przeciwdrobnoustrojowa. Spośród drobnoustrojów chorobotwórczych najgroźniejsze dla człowieka są bakterie i wirusy. Nowe problemy terapii chorób wywołanych przez bakterie pojawiły się w latach 50. XX w., wraz z odkryciem szczepów opornych na antybiotyki. Coraz większe trudności zauważane są w zwalczaniu bakterii Gram-dodatnich opornych jednocześnie na kilka antybiotyków i chemioterapeutyków, takich jak gronkowce oporne na metycylinę, pneumokoki oporne na penicyliny oraz enterokoki oporne na wankomycynę [Buczek i Marć 2009]. Badania Rivas da Silvy i in. [2012] wykazały bakteriobójczy efekt działania  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinenu (składników dominujących olejków sosnowych) w stosunku do *Staphylococcus aureus* opornego na metycylinę (MRSA). Skuteczne okazało się także łączne zastosowanie cyprofloksacyny,  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinenu, z uwzględnieniem synergistycznej aktywności tych substancji przeciwko MRSA [Rivas da Silva i in. 2012]. Badania aktywności biologicznej izomerów i enancjomerów pinenu wykazały, że  $\alpha$ -pinen oraz  $\beta$ -pinen są wysokotoksyczne w stosunku do *Candida albicans* [Rivas da Silva i in. 2012]. Z kolei  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen,  $\alpha$ -terpineol, linalol, terpinen-4-ol oraz 1,8-cyneol wykazują działanie grzybobójcze względem dermatofitów, takich jak *Trichophyton mentagrophytes*, *T. rubrum*, czy *Microsporum gypseum* i *M. canis* [Król i in. 2013]. Olejek destylowany z pędów *Pinus cembra* (40,97% limonenu z  $\beta$ -felandrenem i 24,94%  $\alpha$ -pinenu) okazał się bardziej aktywny niż olejek otrzymywany z igieł (69,14%  $\alpha$ -pinenu) [Apetrei i in. 2013]. Wyniki tych badań wskazują, że siła przeciwbakteryjnego działania olejku *P. cembra* nie zależy wyłącznie od obecności limonenu,  $\beta$ -felandrenu i  $\alpha$ -pinenu. Należy brać także pod uwagę synergiczne i antagonistyczne interakcje między wymienionymi składnikami i wpływ tych interakcji na aktywność przeciwbakteryjną.

Badania dowiodły przeciwwgrzybiczej aktywności olejków otrzymanych z roślin *Pinus ponderosa*, *P. resinosa* i *P. strobus* w stosunku do *Fusarium culmorum*, *F. solani* i *F. poae*. Spośród analizowanych olejków najsilniejsze właściwości wykazywał olejek północnoamerykańskiego gatunku sosny – sosny żółtej (*P. ponderosa*), całkowicie hamujący wzrost wymienionych grzybów [Krauze-Baranowska i in. 2002]. Tomani i in. [2014] wykazali wielokierunkowe działanie przeciwdrobnoustrojowe olejku eterycznego meksykańskiego gatunku sosny – *P. patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. ( $\beta$ -felandren – 18,98%;  $\alpha$ -pinen – 15,90%) przeciwko testowanym bakteriom i grzybom, z wyjątkiem *Colletotrichum coffeanum*. Autorzy sugerują, że chociaż  $\beta$ -felandren był związkiem dominującym badanego olejku, to najprawdopodobniej  $\alpha$ -pinen przyczynił się do wykazanej aktywności. Ogólnie, działanie przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych jest wynikiem łącznego działania zarówno aktywnych, jak i nieaktywnych związków. Związki nieaktywne mogą wpływać na wchłanianie, szybkość reakcji oraz biodostępność substancji czynnych. Niektóre aktywne składniki olejków mogą mieć działanie synergistycz-

ne [Toroglu 2007]. Badania marokańskich olejków sosnowych [Hmamouchi i in. 2001] dowiodły aktywności przeciwdrobnoustrojowej olejków sosny nadmorskiej – *P. pinaster* Aiton ( $\beta$ -kariofilenu – 22,2% i  $\alpha$ -pinenu – 21,4%) i sosny pini – *P. pinea* L. ( $\alpha$ -pinenu – 37,0%) w stosunku do wszystkich 21 testowanych szczepów bakterii. Z kolei olejek sosny alepskiej (*P. halepensis* Mill.), występującej w klimacie śródziemnomorskim, wskazywany jest jako obiecujący środek antyseptyczny z uwagi na aktywność przeciwdrobnoustrojową w odniesieniu do: *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Citrobacter freundii* i *Klebsiella pneumoniae* [Fekih i in. 2014] oraz *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* [Raho 2014]. Z innych badań [Hamrouni i in. 2014] wynika ponadto, że olejek sosny alepskiej (16,16–28,9% Z-kariofilenu, 8,5–22,9%  $\beta$ -mircenu, 11,7–13,4%  $\alpha$ -pinenu, 3,13–11,8%  $\beta$ -pinenu) może być obiecującym naturalnym środkiem ochrony roślin z uwagi na aktywność przeciwko drobnoustrojom chorobotwórczym roślin i fitotoksyczny wpływ na kiełkowanie i rozwój chwastów. Podobnie opisywany jest bogaty w węglowodory monoterpene, głównie  $\alpha$ -pinenu (35,2%) i  $\beta$ -felandren (19,5%), olejek eteryczny *P. patula*, wskazywany jako potencjalny środek do zwalczania chwastów i chorób pochodzenia grzybowego [Amri i in. 2011].

**Aktywność przeciwnowotworowa i antyoksydacyjna.** W ostatnim czasie podkreślano istotną rolę związków roślinnych w procesie leczenia chorób nowotworowych. Badania naukowe i próby kliniczne wskazują, że niektóre olejki sosnowe mają właściwości przeciwnowotworowe i mogą być ważnym elementem terapii onkologicznej. Olejek eteryczny otrzymany z igieł sosny koreańskiej (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.) istotnie zmniejsza proliferację i migrację komórek raka jelita grubego i może być silnym chemioterapeutycznym [Cho i in. 2014]. Ponadto Yang i in. [2010] wspominają o aktywności antyoksydacyjnej olejku destylowanego z szyszek sosny koreańskiej, którego głównymi składnikami były:  $\alpha$ -pinenu (35,2%), limonen (18,4%) i  $\beta$ -pinenu (8,7%). Znacząca może tutaj być obecność limonenu, związku o dobrze udokumentowanej aktywności chemoprewencyjnej przeciwko wielu typom nowotworów [Sun 2007]. Olejek eteryczny sosny himalajskiej (*P. wallichiana* A.B. Jacks), zawierający jako składniki dominujące  $\beta$ -pinenu (46,8%) i  $\alpha$ -pinenu (25,2%), wykazywał silne działanie antyproliferacyjne na komórki raka prostaty [Yousuf Dara i in. 2012]. Podobnie olejek otrzymany ze świeżych szyszek *P. roxburghii*, zawierający 60,8%  $\alpha$ -pinenu i 30,2%  $\beta$ -pinenu, wykazywał aktywność antybakteryjną, przeciwnowotworową, przy nieznacznej aktywności antyoksydacyjnej [Qadir i in. 2014], co może wskazywać, że mechanizmy powyższych działań nie są w tym wypadku powiązane. Badania aktywności antyoksydacyjnej olejku kosodrzewiny [Grassmann i in. 2003] wskazują, że jest on mniej aktywny w środowisku wodnym (aktywność średnia lub słaba) niż lipofilnym (aktywność wysoka). Ponadto terpinolen, będący jednym ze składników olejku kosodrzewinowego, wykazywał działanie ochronne przed utlenianiem lipoprotein niskiej gęstości (LDL) [Grassmann i in. 2003].

Metoda ekstrakcji może w istotny sposób modyfikować plon i kompozycję olejku eterycznego. Koncentracja składników dominujących olejku eterycznego sosny żółtej (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws.), gatunku rodzimego dla Ameryki Północnej, tj.  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinenu (odpowiednio: 17–40 i 21–29%), była najwyższa na początku destylacji (5–20 min) i obniżała się wraz z wydłużaniem czasu ekstrakcji [Zheljazkov i in. 2012]. Co interesujące, aktywność antyoksydacyjna badanego olejku (7,0–14,5  $\mu\text{mol}$  troloksu  $\cdot$  g<sup>-1</sup>) nie była zależna od czasu destylacji. Może to świadczyć o tym, że  $\alpha$ -pinenu, wskazywany

jako składnik o działaniu przeciwdrobnoustrojowym [Rivas da Silva i in. 2012], przeciwzapalnym i chrząstkochronnym [Rufino i in. 2014], nie jest odpowiedzialny za aktywność antyoksydacyjną olejku sosnowego.

#### OLEJKI ETERYCZNE INNYCH GATUNKÓW ROŚLIN Z RODZINY PINACEAE

Kompozycja olejków eterycznych poszczególnych gatunków roślin sosnowatych jest zróżnicowana i podlega zmienności środowiskowej. Zule i in. [2003] stwierdzili w olejkach eterycznych otrzymanych z szyszek świerka pospolitego (*Picea abies* L.) i modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) obecność tych samych związków monoterpenujących co w oleju sosny zwyczajnej, ale w różnych proporcjach (tab. 1). Autorzy ci stwierdzili największą względną zawartość monoterpenujących w oleju eterycznym otrzymanym z szyszek świerkowych.

Tabela 1. Frakcja monoterpenujących w oleju eterycznym szyszek świerka, sosny i modrzewia (%) [Zule i in. 2003]

Table 1. Monoterpene fraction in spruce, pine and larch cone essential oil (%) [Zule *et al.* 2003]

Rodzaj Species	Monoterpeny/ Monoterpenes				
	$\alpha$ -pinen $\alpha$ -pinene	$\beta$ -pinen $\beta$ -pinene	mircen myrcene	$\delta$ -3-karen $\delta$ -3-carene	limonen limonene
Świerk/ Spruce	11	30	11	15	31
Sosna/ Pine	28	13	20	35	2
Modrzew/ Larch	30	27	30	2	7

**Olejek świerkowy.** Olejek eteryczny otrzymany z młodych pędów świerka pospolitego (*Picea abies* L.) wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową [Karting i in. 1991]. Badania Radulescu i in. [2011] wskazują, że skład chemiczny olejku świerkowego charakteryzuje równowaga między frakcją monoterpenujących i związków seskwiterpenowych. Składnikami dominującymi badanych próbek olejku okazały się: kamfen (3,89–14,07%), limonen (6,27–12,98%), octan bornylu (11,78–15,04%) i  $\alpha$ -kadinol (11,19–25,28%). Aktywność przeciwdrobnoustrojowa olejku świerkowego była szczególnie silna w stosunku do bakterii Gram-dodatnich i szczepów grzybów [Radulescu i in. 2011].

**Olejek jodłowy.** Skład olejku eterycznego jodły pospolitej (*Abies alba* L.) zależy od różnych czynników. Porównanie składu chemicznego olejku jodłowego otrzymanego z pędów roślin dziko rosnących w różnych rejonach Korsyki [Duquesnoy i in. 2007] wykazało jego duże zróżnicowanie, przy czym składnikami dominującymi były: limonen (9,3–68,3%), kamfen (9,9–20,6%),  $\alpha$ -pinen (6,4–19,0%),  $\beta$ -felandren (0,4–15,1%) i  $\beta$ -pinen (0,8–11,6%). Z badań, które przeprowadzili Yang i in. [2009], wynika natomiast, że głównym komponentem olejku jodłowego jest octan bornylu (30,31%), przed kamfenem (19,81%), 3-karenem (13,85%) i tricyklenem (12,9%). Wymienieni autorzy wykazali również, że olejek jodłowy nie jest cytotoksyczny, działa silnie antyoksydacyjnie, ale nie wykazuje aktywności przeciwbakteryjnej, z wyjątkiem słabego działania przeciwko *Staphylococcus aureus* [Yang i in. 2009]. Potwierdzeniem tych danych są badania tureckie [Bağcı i Diğrak 1996] dowodzące, że olejki różnych gatunków jodły –



*Abies koreana* Wills., *A. alba* Mill., *A. pinsapo* Boiss., *A. concolor* (Gord. et Glend.) Lindl. ex Hildebr., *A. firma* Sieb. et Zucc., *A. nordmanniana* (Stev.) Spach. ssp. *nordmanniana*, *A. cilicica* (Ant. et Kotschy.) Carr. ssp. *cilicica*, *A. cilicica* (Ant. et Kotschy.) Carr. ssp. *isaurica* Coode et Cullen, *A. nordmanniana* (Stev.) Spach. ssp. *bornmuelleriana* Mattf. – są bardziej aktywne w stosunku do grzybów drożdżoidalnych niż bakterii. Oprócz olejku jodły pospolitej, dla celów leczniczych wykorzystuje się także olejki eteryczne innych roślin z rodzaju *Abies*. Przykładem jest olejek jodły olbrzymiej – *A. grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl., wykazujący aktywność insektycydalną [Yazdgerdian i in. 2015], oraz olejek jodły mandżurskiej (*A. holophylla*), działający przeciwgrzybiczo [Jang i in. 2012]. Ponadto olejek *A. sachalinensis* F. Schmidt (zawierający głównie  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen oraz kamfen) podany inhalacyjnie, działa przeciwłękowo [Satou i in. 2011].

**Olejek modrzewiowy.** Frakcja terpenowa olejku modrzewiowego otrzymanego z szyszek, w porównaniu z innymi olejkami otrzymanymi z roślin sosnowatych, charakteryzuje się bardzo zróżnicowaną strukturą chemiczną [Zule i in. 2003]. Olejek otrzymany z drewna *Larix decidua* zawiera jako główne składniki:  $\alpha$ -terpineol (26,06%), izoborneol (14,12%), kamfen (11,78%) i alkohol D-fenchyl (10,39%), podczas gdy olejek z kory odznacza się największym udziałem lariksolu (33,29%), mono-2-etyloheksyloвого estru kwasu ftalowego (16,96%) i 13-epimanolu (15,40%) [Salem i in. 2015]. W lecznictwie stosuje się terpentynę modrzewiową (*Terebinthina laricina*), zwaną wenecką (*Terebinthina veneta*), otrzymywaną przez żywicowanie pnia modrzewiowego. Terpentyna modrzewiowa rekomendowana jest jako środek wspomagający leczenie reumatycznych i neurologicznych dolegliwości oraz do stosowania przy bólach mięśni i stawów [Majchrzycki i in. 2009]. Terpentyna modrzewiowa wg Strzeleckiej i Kowalskiego [2000] zawiera 20–22% olejku eterycznego (główne składniki olejku to:  $\alpha$ -pinen, terpineol, borneol, octan bornylu, limonen i felandren) i 60–65% żywicy (kwas larycynolowy, larynylowy, larynorezen). Pokrovsky i Tkachev [1998] wykazali natomiast, że głównymi komponentami frakcji węglowodorów oleożywicy *L. decidua* są:  $\alpha$ -pinen (69,7%),  $\beta$ -pinen (6,5%) i limonen (5,5%).

**Olejek cedrowy.** Cedr atlaski – *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, występujący naturalnie w północno-zachodniej Afryce, w górach Atlas, dostarcza surowca w postaci szyszek i igieł. Olejek cedrowy otrzymywany z szyszek cedru atlaskiego zawiera jako główne składniki:  $\beta$ -himachalen (29,40%),  $\alpha$ -longipinen (20,75%),  $\beta$ -chamigren (14,39%), longifolen (11,61%) i  $\alpha$ -himachalen (5,10%) i wykazuje aktywność antyoksydacyjną, związaną prawdopodobnie ze znaczną zawartością związków mono- i seskwiterpenowych [Paun i in. 2013]. Z kolei olejek destylowany z liści *C. atlantica* z wydajnością 1,82% odznacza się dużą zawartością  $\alpha$ -pinenu (14,85%), himachalenu (10,14%),  $\beta$ -himachalenu (9,89%),  $\sigma$ -himachalenu (7,62%), cis- $\alpha$ -atlantonu (6,78%), himachalolu (5,26%) i  $\alpha$ -himachalenu (4,15%), germakrenu D (3,52%),  $\beta$ -kariofilenu (3,14%), kadinenu (3,02%),  $\beta$ -pinenu (2,35%), humulenu (2,30%) i kopaeenu (2,26%) [Derwich i in. 2010]. Olejek cedru atlaskiego wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową, szczególnie w stosunku do następujących szczepów bakterii Gram-ujemnych i Gram-dodatnich: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus sphaericus* i *Staphylococcus intermedius*, określonych jako wrażliwe na olejek *C. atlantica* [Derwich i in. 2010]. Cennym źródłem olejku cedrowego jest drewno cedru libańskiego (*C. libani*). Olejek otrzymany z tego surowca wykazuje aktywność wobec wirusów HCV [Król i in. 2013].

## PODSUMOWANIE

Olejki eteryczne roślin z rodziny Pinaceae charakteryzują się bogatym i zróżnicowanym składem chemicznym oraz wielokierunkową aktywnością biologiczną. Najlepiej udokumentowana jest aktywność biologiczna olejków roślin z rodzaju *Pinus*, jakkolwiek inne rośliny z tej rodziny, m.in. z rodzajów *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus*, wydają się być także interesującym źródłem oleju eterycznego. Rośliny z rodziny Pinaceae dostarczają różnych surowców do produkcji olejków: igieł, pędów, szyszek i kory; zastosowanie lecznicze mają także oleożywice. Omawiane olejki mają przede wszystkim właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, uspakajające, antyoksydacyjne i przeciwnowotworowe, stwarzające różne możliwości zastosowań zapobiegawczych oraz terapeutycznych. Skład chemiczny omawianych olejków eterycznych jest dość zróżnicowany i podlega zmienności genetycznej, ontogenetycznej, środowiskowej, a także zmianom zachodzącym podczas ekstrakcji. Składnikami ilościowo dominującymi w olejkach roślin z rodziny sosnowatych, szczególnie istotnymi terapeutycznie, pozostają  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen. Aktywność przeciwbakteryjna olejków roślin z rodziny Pinaceae może być związana z zawartością limonenu,  $\beta$ -felandrenu i  $\alpha$ -pinenu, ale wynika także z synergicznych i antagonistycznych interakcji między tymi składnikami.

## PIŚMIENNICTWO

- Amri I., Lamia H., Gargouri S., Hanana M., Mahfoudhia M., Fezzani T., Ezzeddine F., Jamoussi B., 2011. Chemical composition and biological activities of essential oils of *Pinus patula*. Nat. Prod. Commun. 6 (10), 1531–1536.
- Apetrei C.L., Spac A., Brebu M., Tuchilus C., Miron A., 2013. Composition, and antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of a full-grown *Pinus cembra* L. tree from the Calimani Mountains (Romania). J. Serb. Chem. Soc. 78 (1), 27–37.
- Bağci E., Diğrak M., 1996. Antimicrobial activity of essential oils of some *Abies* (fir) species from Turkey. Flavour Fragr. J. 11, 251–256.
- Broda B. 2002. Zarys botaniki farmaceutycznej. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Buczek K., Marć M., 2009. Antybiotykooporność bakterii – przyczyny i skutki. Annales UMCS, sec. DD, Medicina Veterinaria, 64 (3), 1–8.
- Cho S.-M., Lee E.-O., Kim S.-H., Lee H.-J., 2014. Essential oil of *Pinus koraiensis* inhibits cell proliferation and migration via inhibition of p21-activated kinase 1 pathway in HCT116 colorectal cancer cells. BMC Complement. Altern. Med. 14, 275–284.
- Derwich E., Benziane Z., Boukir A., 2010. Chemical composition and *in vitro* antibacterial activity of the essential oil of *Cedrus atlantica*. Int. J. Agric. Biol. 12 (3), 381–385.
- Duquesnoy E., Castola V., Casanova J., 2007. Composition and chemical variability of the twig oil of *Abies alba* Miller from Corsica. Flavour Fragr. J. 22, 293–299.
- Fekih N., Allali H., Merghache S., Chaïb F., Merghache D., El Amine M., Djabou N., Muselli A., Tabti B., Costa J., 2014. Chemical composition and antibacterial activity of *Pinus halepensis* Miller growing in West Northern of Algeria. Asian Pac. J. Trop. Dis. 4 (2), 97–103.
- Grassmann J., Hippeli S., Vollmann R., Elstner E.F. 2003. Antioxidative properties of the essential oil from *Pinus mugo*. J. Agric. Food Chem. 51, 7576–7582.
- Góra J., Lis A., 2005. Najcenniejsze olejki eteryczne. Wyd. UMK, Toruń.
- Hamrouni L., Hananab M., Amria I., Romaned A.E., Gargouric S., Jamoussi B., 2014. Allelopathic effects of essential oils of *Pinus halepensis* Miller: chemical composition and study of

- their antifungal and herbicidal activities. Arch. Phytopathol. Plant Protect., <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2014.884667>.
- Hassan A., Amjid I., 2009. Gas chromatography-mass spectrometric studies of essential oil of *Pinus roxburghii* stems and their antibacterial and antifungal activities. J. Med. Plants Res. 3 (9), 670–673.
- Hmamouchi M., Hamarnouchi J., Zouhdi M., Bessiere J.M., 2001. Chemical and antimicrobial properties of essential oils of five Moroccan Pinaceae. J. Essent. Oil Res. 13, 298–302.
- Jang S.-K., Lee S.-Y., Kim S.-H., Hong C.-Y., Park M.-J., Choi I.-G., 2012. Antifungal activities of essential oils from six conifers against *Aspergillus fumigatus*. Mokchae Konghak 40 (2), 133–140.
- Karapandzova M., Stefkov G., Trajkovska-Dokic E., Kaftandzieva A., Kulevanova S., 2011. Antimicrobial activity of needle essential oil of *Pinus peuce* Griseb. (Pinaceae) from Macedonian flora. Maced. Pharm. Bull. 57 (1, 2), 25–36.
- Karting T., Still F., Reinthaler F., 1991. Antimicrobial activity of the essential oil of young pine shoots (*Picea abies* L.). J. Ethnopharmacol. 35 (2), 155–157.
- Kędzia A., Kędzia A.W., 2009. Działanie *in vitro* olejku sosnowego wobec bakterii beztlenowych wyizolowanych z jamy ustnej i dróg oddechowych. Post. Fitoter. 1, 19–23.
- Kędzia A., Ziółkowska-Klinkosz M., Kędzia A.W., Wojtaszek-Słomińska A., Kusiak A., Kochańska B., 2012. Aktywność przeciwgrzybicza olejku sosnowego (*Oleum Pini sylvestris*). Post. Fitoter. 4, 211–215.
- Kılıç O., Koçak A., 2014. Essential oil composition of six *Pinus* L. taxa (Pinaceae) from Canada and their chemotaxonomy. J. Agric. Sci. Technol. B 1, 67–73.
- Kohlmünzer S., 2013. Farmakognozja. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Krauze-Baranowska M., Mardarowicz M., Wiwart M., Pobłocka L., Dynowska M., 2002. Antifungal activity of the essential oils from some species of the genus *Pinus*. Z. Naturforsch. C. 57 (5–6), 478–82.
- Król S.K., Skalicka-Woźniak K., Kandefor-Szerszeń M., Stepulak A., 2013. Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych. Postępy Hig. Med. Dośw. 67, 1000–1007.
- Lochyński S., 2004. Nowe biologicznie aktywne terpenoidy uzyskane z (+)-3-karenu. Prace Nauk. Inst. Chem. Org. Biochem. Biotech. Politech. Wroc. 41, Monografie, 25.
- Majchrzycki M., Mścisz A., Stryła W., Czerny B., Bogacz A., Karasiewicz M., Krajewska-Patan A., Grześkowiak E., Mrozikiewicz P.M., 2009. Nowe spojrzenie na mechanizmy działania tradycyjnych mieszanek ziołowych stosowanych w leczeniu dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. Herba. Pol. 55 (4), 164–177.
- Mimoune N.A., Mimoune D.A., Yataghene A., 2013. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Pinus pinaster*. J. Coastal Life Med. 1 (1), 54–58.
- Paun G., Zrira S., Boutakiout A., Ungureanu O., Simion D., Chelaru C., Radu G.L., 2013. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of essential oils from Moroccan aromatic herbs. Rev. Roum. Chim. 58 (11–12), 891–897.
- Pokrovsky L.M., Tkachev A.V., 1998. Study of composition of volatile compounds of Siberian and Far East conifers by Gas Chromatography-Mass-Spectrometry. Proc. International Conference on Natural Products and Physiologically Active Substances (ICNPAS-98), Nov. 30–Dec. 6, 1998, Novosibirsk, Russia, Abstracts of Posters 136.
- Qadir M., Shah W.A., Banday J.A., 2014. GC-MS analysis, antibacterial, antioxidant and anticancer activity of essential oil of *Pinus roxburghii* from Kashmir, India. Internat. J. Pharmacol. Res. 4 (2), 61–64.
- Radulescu V., Saviuc C., Chifiriuc C., Oprea E., Ilies C.D., Marutescu L., Lazar V., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from shoots spruce (*Picea abies* L.). Rev. Chim. (Bucharest) 62 (1), 69–74.

- Raho G.B., 2014. Antibacterial potential of essential oils of the needles of *Pinus halepensis* against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J. Coastal Life Med.* 2 (8), 651–655.
- Rivas da Silva A.C., Monteiro Lopes P., Barros de Azevedo M.M., Machado Costa D.C., Sales Alviano C., Sales Alviano D., 2012. Biological activities of  $\alpha$ -pinene and  $\beta$ -pinene enantiomers. *Molecules* 17, 6305–6316.
- Rufino A.T., Ribeiro M., Judas F., Salgueiro L., Lopes M.C., Cavaleiro C., Mendes A.F., 2014. Anti-inflammatory and chondroprotective activity of (+)- $\alpha$ -pinene: Structural and enantiomeric selectivity. *J. Nat. Prod.* 77, 264–269.
- Salem M.Z.M., Zeidler A., Böhm M., Mohamed M.E.A., Ali H.M., 2015. GC/MS analysis of oil extractives from wood and bark of *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *Picea abies* and *Larix decidua*. *Bio. Res.* 10 (4), 7725–7737.
- Satou T., Matsuura M., Takahashi M., Umezū T., Hayashi S., Sadamoto K., Koike K., 2011. Anxiolytic-like effect of essential oil extracted from *Abies sachalinensis*. *Flavour Fragr. J.* 26, 416–420.
- Satyál P., Paudel P., Raut J., Deo A., Dosoky N.S., Setzer W.N., 2013. Volatile constituents of *Pinus roxburghii* from Nepal. *Pharmacognosy Res.* 5 (1), 43–48.
- Shuaib M., Ali M., Ahmad J., Naquvi K.J., Ahmad M.I., 2013. Pharmacognosy of *Pinus roxburghii*: A Review. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2 (1), 262–268.
- Sonibare O.O., Olakunle K., 2008. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Pinus caribaea* from Nigeria. *Afr. J. Biotech.* 7 (14), 2462–2464.
- Stojković D., Soković M., Glamočlija J., Džamić A., Ristić M., Fahal A., Khalid S., Djuić I., Petrović S., 2008. Susceptibility of three clinical isolates of *Actinomodura madurae* to  $\alpha$ -pinene, the bioactive agent of *Pinus pinaster* turpentine oil. *Arch. Biol. Sci., Belgrade* 60 (4), 697–701.
- Strzelecka H., Kowalski J., 2000. Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Sun J., 2007. D-Limonene: Safety and clinical applications. *Altern. Med. Rev.* 12 (3), 259–264.
- Szumny D., Szypuła E., Szydłowski M., Chlebda E., Skrzypiec-Spring M., Szumny A., 2007. Leki roślinne stosowane w chorobach układu oddechowego. *Dent. Med. Probl.* 44 (4), 507–515.
- Tomani J.C., Murangwa C., Bajyana S., Mukazayire M.J., Ingabire M.G., Chalchat J.C., 2014. Chemical composition, antibacterial and antifungal activity of the essential oil of *Pinus patula* growing in Rwanda. *Am. J. Biomed. Life Sci.* 2 (3), 55–59.
- Toroglu S., 2007. In vitro antimicrobial activity and antagonistic effect of essential oils from plant species. *J. Environm. Biol.* 28 (3), 551–559.
- Trytek M., Paduch R., Fiedurek J., Kandefor-Szerszeń M., 2007. Monoterpeny – stare związki, nowe zastosowania i biotechnologiczne metody ich otrzymywania. *Biotechnol.* 1 (76), 135–155.
- Tumen I., Hafizoglu H., Kilic A., Dönmez I.E., Sivrikaya H., Reunanen M., 2010. Yields and constituents of essential oil from cones of *Pinaceae* spp. natively grown in Turkey. *Molecules* 15, 5797–5806.
- Yang S.A., Jeon S.-K., Lee E.-J., Im N.-K., Jhee K.-H., Lee S.-P., Lee I.-S., 2009. Radical scavenging activity of the essential oil of silver fir (*Abies alba*). *J. Clin. Biochem. Nutr.* 44, 253–259.
- Yang X., Zhang H., Zhang Y., Zhao H., Dong A., Xu D., Yang L., Ma Y., 2010. Analysis of the essential oils of pine cones of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. and *P. sylvestris* L. from China. *J. Essent. Oil Res.* 22 (5), 446–448.
- Yazdgerdian A.R., Akhtar Y., Isman M.B., 2015. Insecticidal effects of essential oils against woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi* (Hemiptera: Aphididae) and rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Entomol. Zool. Stud.* 3 (3), 265–271.

- Yousuf Dara M., Shaha W.A., Mubashira S., Ratherb M.A., 2012. Chromatographic analysis, anti-proliferative and radical scavenging activity of *Pinus wallichina* essential oil growing in high altitude areas of Kashmir, India. *Phytomedicine* 19, 1228–1233.
- Zheljaskov V.D., Astatkie T., Schlegel V., 2012. Effects of distillation time on the *Pinus ponderosa* essential oil yield, composition, and antioxidant activity. *HortScience* 47 (6), 785–789.
- Zule J., Tišler V., Žurej A., Torelli N., 2003. Isolation and characterization of essential oils from the cones of Norway spruce (*Picea abies* Karst.), European larch (*Larix decidua* Mill.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Zb. gozd. lesar.* 71, 159–172.

**Summary.** Plants of the pine family (Pinaceae) occur in different climatic zones, mainly in cold and temperate areas of the northern hemisphere. The healing properties of these plants are mainly due to the presence of essential oils, which contain the following monoterpene hydrocarbons as the dominating components:  $\alpha$ -pinene, 3-carene,  $\beta$ -pinene, camphene,  $\beta$ -felandren and sesquiterpenes, mainly derivatives of muurolene and cadinene. The biological activity of essential oils of plants of the genus *Pinus* is best documented; other plant species of this family appear to be an interesting source of essential oil. Essential oils of pine plants primarily have antibacterial, antifungal, sedative, anti-oxidant and anti-cancer properties, presenting different possibilities in prophylactic and therapeutic treatments.

**Key words:** Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), monoterpene hydrocarbons, antimicrobial