Review article / Artykuł przeglądowy

Martyna Wątor[1], Kornelia Wantuch[1], Julia Wolak[1], Anna Warias[1]
Anna Kurkiewicz-Piotrowska[2*] 0000-0002-9535-173X

[1] *Koło Naukowe przy Zakładzie Chemii i Biochemii, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Kultury Fizycznej w Krakowie, Polska*
[2] *Instytut Nauk Podstawowych, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Kultury Fizycznej w Krakowie, Polska*

*Autor korespondencyjny: *Anna Kurkiewicz-Piotrowska* anna.piotrowska@awf.krakow.pl

Cite / Sposób cytowania Wątor M, Wantuch K, Wolak J, et al. Application of copaiba oleoresin in cosmetology and aromatherapy. A narrative review. *Aesth Cosmetol Med*. 2026;15(5):261-270. https://doi.org/10.52336/acm.2026.031

Zastosowanie oleożywicy copaiba w kosmetologii i aromaterapii. Przegląd narracyjny

Application of copaiba oleoresin in cosmetology and aromatherapy. A narrative review

STRESZCZENIE

Wstęp: Oleożywica pozyskiwana z drzew z rodzaju *Copaifera* spp. (oleożywica copaiba) jest od wieków wykorzystywana w medycynie tradycyjnej oraz w terapii chorób zakaźnych.
Cel: Celem przeglądu było podsumowanie aktualnych danych dotyczących składu chemicznego, właściwości biologicznych, profilu bezpieczeństwa oraz potencjalnych zastosowań oleożywicy copaiba, ze szczególnym uwzględnieniem jej znaczenia w kosmetologii i aromaterapii.
Metody: Przeszukiwanie baz danych PubMed oraz Google Scholar przeprowadzono w czerwcu 2026 roku. Do analizy włączono publikacje z lat 2021-2026. Uwzględniono oryginalne prace badawcze, opisy przypadków oraz artykuły przeglądowe opublikowane w języku angielskim lub polskim.
Wyniki: Dostępne dane wskazują, że oleożywica copaiba wykazuje istotne właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwbólowe oraz wspomagające gojenie ran, przypisywane głównie obecności β-kariofilenu oraz diterpenów. Chociaż liczba badań klinicznych jest nadal ograniczona, wyniki najnowszych randomizowanych badań wskazują na obiecujące efekty w zakresie gojenia ran, poprawy zdrowia jamy ustnej oraz redukcji lęku.
Wnioski: Oleożywica copaiba stanowi obiecujący, wielofunkcyjny naturalny składnik o potencjalnym zastosowaniu w kosmetologii, aromaterapii oraz medycynie komplementarnej. Niezbędne są jednak dalsze, dobrze zaprojektowane badania kliniczne oraz opracowanie standaryzowanych formulacji, aby potwierdzić jej skuteczność.

Słowa kluczowe: *Copaifera*, oleożywica copaiba, β-kariofilen, aromaterapia, gojenie ran, medycyna komplementarna.

ABSTRACT

Introduction: Oleoresin obtained from trees of the genus *Copaifera* (copaiba oleoresin) has been used for centuries in traditional medicine and the treatment of infectious diseases.
Aim: The article aimed to summarize current data regarding the chemical composition, biological properties, safety profile, and potential applications of copaiba oleoresin, with particular emphasis on its significance in cosmetology and aromatherapy.
Methods: PubMed and Google Scholar database searches were conducted in June 2026. Publications from 2021-2026 were included in the analysis. Original research articles, case reports, and reviews published in English or Polish were considered.
Results: Available data indicate that copaiba oleoresin exhibits significant anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and analgesic properties, as well as wound-healing effects, primarily attributed to the presence of β-caryophyllene and diterpenes. Although the number of clinical studies remains limited, results from recent randomized trials show promising effects regarding wound healing, oral health improvement, and anxiety reduction.
Conclusions: Copaiba oleoresin is a promising, multifunctional natural ingredient with potential applications in cosmetology, aromatherapy, and complementary medicine. However, further well-designed clinical studies and the development of standardized formulations are necessary to confirm its efficacy.

Keywords: *Copaifera*, copaiba oleoresin, β-caryophyllene, aromatherapy, wound healing, complementary medicine.

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 Unported (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

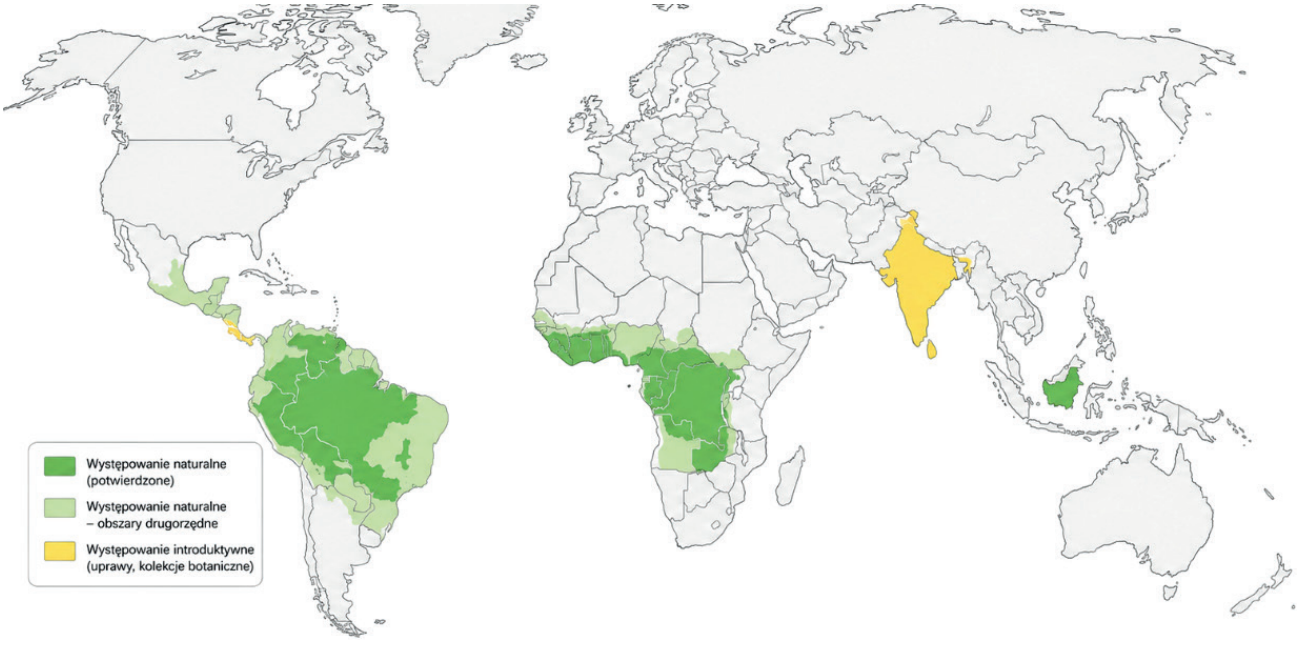
WSTĘP

Terapie zaliczane obecnie do medycyny komplementarnej często wywodzą się ze starożytnych praktyk leczniczych lub mają swoje korzenie w tradycyjnej medycynie ludowej [1]. Aromaterapia, jako jedna z głównych metod terapeutycznych medycyny komplementarnej, przyczyniła się do włączenia olejków eterycznych oraz innych surowców pochodzenia roślinnego, w tym hydrolatów i żywic, do działań mających na celu poprawę dobrostanu fizycznego i psychicznego. Rośliny aromatyczne stanowią ważne źródło licznych związków biologicznie czynnych oraz naturalnych surowców wykorzystywanych w produktach farmaceutycznych i preparatach o działaniu kosmetycznym [2].

Choć oleożywica copaiba nie należy do najbardziej rozpowszechnionych surowców roślinnych, w ostatnich latach wzbudza coraz większe zainteresowanie środowiska naukowego. Liczne badania wykazały jej właściwości przeciwzapalne, wspomagające gojenie ran, antyseptyczne oraz przeciwnowotworowe, co czyni ją obiecującym składnikiem preparatów kosmetycznych i dermatologicznych [3]. Preparaty otrzymywane z oleożywicy lub kory drzew gatunków z rodzaju *Copaifera* od dawna wykorzystywane są w medycynie tradycyjnej jako środki przeciwzapalne oraz w leczeniu chorób układu oddechowego, takich jak zapalenie oskrzeli, a także chorób zakaźnych, między innymi kiły. Miejscowe stosowanie tych preparatów wiązano również z przyspieszeniem gojenia ran oraz poprawą regeneracji tkanek [4].

W tradycyjnych metodach terapii manualnej, w tym podczas masażu, oleożywicę copaiba oraz jej pochodne stosowano na skórę głowy w celu łagodzenia objawów neurologicznych, takich jak ból, drgawki czy porażenia. Preparaty do stosowania miejscowego były również zalecane w leczeniu różnych schorzeń skóry, w tym guzów, owrzodzeń i pokrzywki. Odwary z kory wykorzystywano do leczenia zakażonych ran, w tym ran powstałych po pogryzieniach przez zwierzęta oraz w łagodzeniu dolegliwości reumatycznych. Ponadto surowiec, tradycyjnie określany jako balsam copaiba, powszechnie wchodził w skład plastrów leczniczych stosowanych bezpośrednio na rany i przewlekłe owrzodzenia [4].

Tradycyjna terminologia stosowana do opisu produktów otrzymywanych z copaiby może być myląca, jeśli interpretuje się ją zgodnie ze współczesnym nazewnictwem farmakognostycznym. Olejek eteryczny definiuje się jako naturalną, lotną mieszaninę związków organicznych pozyskiwaną z roślin, najczęściej metodą destylacji z parą wodną lub tłoczenia na zimno. Żywica natomiast jest gęstą, zazwyczaj lepką substancją wydzielaną przez niektóre rośliny, zwłaszcza drzewa iglaste, która twardnieje w kontakcie z powietrzem i pełni funkcję ochronną, zabezpieczając roślinę przed patogenami oraz uszkodzeniami mechanicznymi. Oleożywica jest naturalną mieszaniną żywicy i olejku eterycznego, łączącą właściwości fizykochemiczne i biologiczne obu tych frakcji. Występuje w wielu roślinach aromatycznych i przyprawowych, a po wypłynięciu zachowuje zarówno lepką konsystencję, jak i charakterystyczny aromat. Balsam tymczasem jest szczególnym rodzajem wydzieliny roślinnej zawierającej żywice, olejki eteryczne oraz często kwas benzoesowy, kwas cynamonowy lub ich pochodne. Ze względu na gęstą konsystencję, przyjemny zapach i właściwości ochronne balsamy były od wieków wykorzystywane zarówno w medycynie, jak i perfumerii.



Rys. 1. Występowanie drzewa copaiba. **Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [7, 8].

Oleożywicę copaiba (nazywaną balsamem) pozyskuje się z gatunków należących do rodzaju *Copaifera* (powszechnie określanych jako drzewa copaiba) z rodziny bobowatych (*Fabaceae*) [5]. Drzewa te występują głównie w lasach deszczowych Amazonii, gdzie rosną wzdłuż brzegów rzek i jezior. Gatunki rodzaju *Copaifera* są również rozpowszechnione w Ameryce Środkowej i Afryce [6], natomiast w innych regionach świata występują jako gatunki introdukowane (Rys. 1).

Drzewa z rodzaju *Copaifera* mogą osiągać wysokość do 40 m oraz obwód pnia wynoszący około 4 m (Rys. 2). Ich pnie pokryte są szorstką, aromatyczną korą [6], a długość życia pojedynczych drzew może dochodzić nawet do 400 lat [9].

Do gatunków najczęściej wykorzystywanych do komercyjnego pozyskiwania oleożywicy należą: *Copaifera reticulata, C. multijuga, C. langsdorffii, C. officinalis* oraz *C. paupera*. Pozyskiwanie oleożywicy odbywa się metodą nacinania (*tapping*), podobną do techniki stosowanej przy zbiorze syropu klonowego. W pniu dojrzałego drzewa, na wysokości 1-1,5 m nad powierzchnią gruntu, wykonuje się otwór o średnicy 2-5 cm. Po dotarciu do naturalnych kanałów żywicznych znajdujących się w pniu, oleożywica wypływa samoistnie i jest zbierana do sterylnych pojemników. Po zakończeniu zbioru otwór zabezpiecza się drew-



Rys. 2. Drzewo copaiba. **Źródło:** [10].

Tab. 1. Skład chemiczny balsamu copaiba. **Źródło:** [3, 14].

Frakcja	Związek	Typ chemiczny	Typowa zawartość / znaczenie
Seskwiterpeny (frakcja lotna)	β-Kariofilen	Seskwiterpen bicykliczny	20-60% całej frakcji lotnej
	α-Humulen	Seskwiterpen	1-10%
	β-Bisabolen	Seskwiterpen	Składnik dominujący w niektórych gatunkach
	trans-α-Bergamoten	Seskwiterpen	Jeden z głównych markerów chemicznych
	α-Kopaen	Seskwiterpen	Składnik mniejszościowy
	β-Elemen	Seskwiterpen	Składnik śladowy
	δ-Kadinen	Seskwiterpen	Składnik śladowy
	α-Kadinol	Alkohol seskwiterpenowy	Składnik śladowy
	Germakren D	Seskwiterpen	Śladowe nuty zapachowe drzewno-ziołowe
	α- i β-Selinen	Seskwiterpeny	Zmienna zawartość
	Tlenek kariofilenu	Utleniony seskwiterpen	Produkt utleniania β-kariofilenu (wzrasta w czasie przechowywania)
	α-Kubeben	Seskwiterpen	Składnik pomocniczy
Diterpeny (frakcja żywiczna)	Kwas kopalowy (*copalic acid*)	Diterpen labdanowy	Jeden z najważniejszych markerów autentyczności
	Kwas hardwickiowy (*hardwickiic acid*)	Diterpen	Często występujący
	Kwas kolawenowy (*kolavenic acid*)	Diterpen clerodanowy	Składnik śladowy
	Kwas poliatowy (*polyalthic acid*)	Diterpen	Częsty składnik żywicy
	Kwas kaurenowy (*kaurenoic acid*)	Diterpen kauranowy	Aktywność przeciwzapalna i przeciwdrobnoustrojowa
	Kwas ent-agatowy (*ent-agathicum acid*)	Diterpen	Składnik mniejszościowy
	Kwas ozikowy (*ozic acid*)	Diterpen	Obecny w niektórych gatunkach (rzadko raportowany)
	Pochodne labdanu	Diterpeny	Składnik śladowy
	Pochodne clerodanu	Diterpeny	Składnik śladowy
	Pochodne kauranu	Diterpeny	Składnik śladowy

nianym kołkiem lub innym odpowiednim materiałem uszczelniającym, co umożliwia regenerację drzewa oraz ponowne pozyskiwanie oleożywicy po upływie kilku miesięcy lub lat. W zależności od gatunku, wieku drzewa oraz warunków środowiskowych, z jednego drzewa można uzyskać od kilkuset mililitrów do kilku litrów oleożywicy podczas jednego cyklu zbioru.

Brazylia od lat pozostaje największym producentem i eksporterem oleożywicy copaiba na świecie, odpowiadając za zdecydowaną większość jej globalnej produkcji. Mniejsze ilości surowca pozyskuje się również w Peru, Kolumbii, Wenezueli, Boliwii i Gujanie. W ostatnich latach rosnące zapotrzebowanie na naturalne produkty farmaceutyczne, kosmetyczne i stosowane w aromaterapii przyczyniło się do dynamicznego rozwoju międzynarodowego handlu oleożywicą copaiba oraz produktami otrzymywanymi z tego surowca. Głównymi odbiorcami są przemysł farmaceutyczny, kosmetyczny oraz producenci suplementów diety, natomiast najważniejsze kierunki eksportu obejmują Stany Zjednoczone, kraje Unii Europejskiej, Japonię i Chiny.

Skład chemiczny balsamu copaiba jest wysoce zmienny i zależy przede wszystkim od gatunku *Copaifera*, a także od właściwości gleby, warunków klimatycznych oraz czynników antropogenicznych, w tym stosowanych praktyk nawożenia [11].

Właściwości biologiczne balsamu copaiba wynikają z obecności jego dwóch głównych frakcji – lotnej oraz żywicznej – i w dużej mierze zależą od zawartości wtórnych metabolitów roślinnych, zwłaszcza seskwiterpenów i diterpenów [12]. Do najważniejszych seskwiterpenów zidentyfikowanych w oleożywicy copaiba należą β-kariofilen (BCP, β-*caryophyllene*), α-humulen oraz α-kopaen. Frakcja diterpenowa, występująca głównie w części żywicznej oleożywicy, składa się przede wszystkim z kwasu kaurenowego, kwasu alepterolowego, kwasu kopalowego oraz kwasu polialtowego [13]. Główne składniki chemiczne balsamu copaiba przedstawiono w tabeli 1.

CEL

Celem przeglądu było podsumowanie najnowszych doniesień naukowych dotyczących oleożywicy copaiba oraz przedstawienie jej właściwości biologicznych i potencjalnych zastosowań w kosmetologii i aromaterapii.

METODYKA PRZEGLĄDU

Przeszukiwanie baz danych PubMed oraz Google Scholar przeprowadzono w czerwcu 2026 roku. Do analizy włączono publikacje z lat 2021-2026. Uwzględniono oryginalne prace badawcze, opisy przypadków oraz artykuły przeglądowe opublikowane w języku angielskim lub polskim. Strategię wyszukiwania oparto na następujących słowach kluczowych oraz ich kombinacjach: kopaiba (*copaiba*), drzewo copaiba (*copaiba tree*), skład chemiczny (*chemical composition*), zalety stosowania (*benefits of using*), skóra problematyczna (*problematic skin*) oraz zastosowanie w kosmetologii (*use in cosmetology*).

WYNIKI

Działanie przeciwzapalne

Balsam copaiba od dawna jest stosowany w medycynie tradycyjnej w leczeniu stanów zapalnych, a współczesne badania dostarczają coraz liczniejszych dowodów potwierdzających zasadność tych zastosowań. Właściwości przeciwzapalne przypisuje się przede wszystkim wysokiej zawartości seskwiterpenów, zwłaszcza β-kariofilenu, który jest uznawany za jeden z głównych związków biologicznie czynnych odpowiedzialnych za jej działanie terapeutyczne. To właśnie aktywność przeciwzapalna stanowi jeden z najważniejszych mechanizmów uzasadniających potencjalne zastosowanie oleożywicy copaiba w kosmetologii i aromaterapii.

Działanie to zostało potwierdzone w badaniach *in vitro* z wykorzystaniem mysiej linii makrofagów J774, w których stymulacja lipopolisacharydem (LPS, *lipopolysaccharide*) prowadziła do silnej aktywacji komórek, czemu towarzyszył wzrost produkcji cytokin prozapalnych oraz reaktywnych form tlenu (ROS, *reactive oxygen species*). Zarówno czysty olejek eteryczny copaiba, jak i jego nanoenkapsulowana postać oparta na nanocząstkach poli(ε-kaprolaktonu) istotnie zmniejszały wydzielanie czynnika martwicy nowotworów alfa (TNF-α, *tumor necrosis factor-alpha*) oraz wewnątrzkomórkowy poziom ROS w porównaniu z grupami kontrolnymi. Co istotne, formulacja oparta na nanocząstkach wykazywała około trzykrotnie silniejsze hamowanie produkcji TNF-α niż surowiec niepoddany enkapsulacji, co sugeruje, że nanoenkapsulacja zwiększa biodostępność oraz aktywność biologiczną składników czynnych. Wyniki te wskazują na potencjał produktów otrzymywanych z copaiby jako składników preparatów kosmetycznych ograniczających stan zapalny skóry i stres oksydacyjny, a także jako obiecujących środków przeciwzapalnych wykorzystywanych w aromaterapii. Ponadto uzasadniają rozwój nowoczesnych systemów dostarczania substancji czynnych, mających na celu zwiększenie skuteczności terapeutycznej tego surowca roślinnego [15].

Jednym z najlepiej poznanych kierunków zastosowania terapeutycznego oleożywicy copaiba jest stomatologia, a zwłaszcza periodontologia. W badaniu przeprowadzonym przez Nazário i wsp. [16] wykorzystano eksperymentalny model zapalenia tkanek okołowierzchołkowych u szczurów w celu oceny biologicznego działania oleożywicy copaiba. Odsłonięcie miazgi zęba umożliwiało bakteriom kolonizację kanału korzeniowego, co prowadziło do przewlekłego stanu zapalnego tkanek okołowierzchołkowych. Proces ten charakteryzował się aktywacją odpowiedzi immunologicznej, naciekiem komórek zapalnych oraz postępującą resorpcją kości wyrostka zębodołowego. Model ten wiernie odzwierciedla wiele mechanizmów patofizjologicznych przewlekłych chorób zapalnych, w tym zwiększoną produkcję cytokin prozapalnych: TNF-α, interleukiny-1 beta (IL-1β) i interleukiny-6

(IL-6), aktywację makrofagów oraz pobudzenie osteoklastów odpowiedzialnych za resorpcję tkanki kostnej. Stopień utraty kości może być zatem uznany za biologiczny wskaźnik nasilenia procesu zapalnego.

Leczenie z zastosowaniem oleożywicy copaiba istotnie ograniczało rozwój zmian osteolitycznych oraz zmniejszało uszkodzenie tkanek, co sugeruje, że jej korzystne działanie wykracza poza aktywność przeciwdrobnoustrojową i obejmuje również modulację szlaków zapalnych odpowiedzialnych za degradację tkanek. Zdaniem autorów, efekt ten jest związany przede wszystkim z obecnością β-kariofilenu i diterpenów, które hamują wytwarzanie mediatorów stanu zapalnego oraz aktywność osteoklastów.

Kolejnym obszarem badań było działanie oleożywicy copaiba na stan zapalny towarzyszący otyłości. W badaniu eksperymentalnym przeprowadzonym na szczurach doustne podawanie oleożywicy ograniczało przyrost masy ciała, zmniejszało ilość trzewnej tkanki tłuszczowej oraz nasilenie procesu zapalnego, a jednocześnie poprawiało homeostazę oksydacyjno-redukcyjną w tkance tłuszczowej zwierząt z otyłością wywołaną dietą wysokocukrową [17]. Autorzy wykazali również istotne obniżenie stężenia markerów stanu zapalnego oraz stresu oksydacyjnego w adipocytach, co dodatkowo potwierdza ogólnoustrojowe działanie przeciwzapalne oleożywicy.

Badania eksperymentalne wykazały ponadto, że oleożywica copaiba zmniejsza obrzęk tkanek oraz liczbę leukocytów obecnych w wysięku zapalnym. Efektowi temu towarzyszyło obniżenie stężenia kluczowych mediatorów stanu zapalnego, takich jak TNF-α, IL-1β, prostaglandyna E_2 (PGE_2) oraz metabolity tlenku azotu. Wyniki te sugerują, że oleożywica copaiba ogranicza rekrutację komórek zapalnych do miejsca uszkodzenia tkanek oraz moduluje szlaki sygnałowe odpowiedzialne za inicjację i podtrzymywanie odpowiedzi zapalnej. Podobne obserwacje odnotowano zarówno w modelach ostrego stanu zapalnego, jak i w eksperymentalnych modelach zapalenia płuc, co wskazuje na szerokie spektrum aktywności przeciwzapalnej badanego surowca [18].

W przeciwieństwie do większości badań dotyczących oleożywicy copaiba, które opierały się głównie na doświadczeniach *in vitro* lub modelach zwierzęcych, badanie przeprowadzone przez Cardinelli i wsp. [19] miało charakter randomizowanego badania z grupą kontrolną (RCT, *randomized controlled trial*), dostarczając tym samym znacznie silniejszych dowodów klinicznych. Autorzy oceniali skuteczność hydrożelu polimerowego zawierającego oleożywicę *Copaifera multijuga* w leczeniu pourazowych ran skóry, porównując jego działanie ze standardową opieką nad ranami. U pacjentów leczonych hydrożelem zawierającym oleożywicę copaiba obserwowano szybsze gojenie ran oraz lepszą regenerację tkanek niż u osób otrzymujących leczenie konwencjonalne. Ponieważ prawidłowy proces gojenia jest uzależniony od właściwie kontrolowanej odpowiedzi zapalnej, wyniki te pośrednio potwierdzają zdolność oleożywicy copaiba do modulowania procesów zapalnych zachodzących w uszkodzonej skórze. Ponadto terapia była dobrze tolerowana i nie wiązała się z występowaniem istotnych działań niepożądanych. Podobnie jak w poprzednich badaniach, za obserwowane korzyści terapeutyczne odpowiadały przede wszystkim β-kariofilen, kwas kopalowy oraz kwas kaurenowy. Łącznie wyniki te stanowią jedne z najsilniejszych dostępnych obecnie dowodów klinicznych potwierdzających przeciwzapalny i regeneracyjny potencjał preparatów zawierających oleożywicę copaiba [19].

Działanie antyoksydacyjne

Aktywność przeciwutleniająca oleożywicy copaiba została potwierdzona w kilku modelach zwierzęcych zarówno chorób metabolicznych, jak i sercowo-naczyniowych. Telles i wsp. [17] wykazali, że doustne podawanie oleożywicy copaiba szczurom żywionym dietą wysokocukrową istotnie zmniejszało nasilenie stresu oksydacyjnego oraz poprawiało homeostazę oksydacyjno-redukcyjną. Leczenie prowadziło do obniżenia stężenia biomarkerów stresu oksydacyjnego oraz poprawy parametrów związanych z funkcjonowaniem tkanki tłuszczowej, co sugeruje, że oleożywica copaiba może przeciwdziałać procesom patologicznym związanym z otyłością i przewlekłym stanem zapalnym o niskim nasileniu [17].

Podobne wyniki uzyskali Campos i wsp. [20], którzy badali wpływ oleożywicy copaiba w szczurzym modelu serca płucnego (*cor pulmonale*). Leczenie z zastosowaniem oleożywicy istotnie ograniczało stres oksydacyjny, co potwierdzono na podstawie zmian w obwodowych markerach biochemicznych. Autorzy wykazali zmniejszenie uszkodzeń wywołanych przez wolne rodniki oraz przywrócenie równowagi pomiędzy produkcją reaktywnych form tlenu a aktywnością endogennych mechanizmów antyoksydacyjnych [20].

Właściwości przeciwutleniające oleożywicy copaiba przypisuje się przede wszystkim obecności β-kariofilenu, α-humulenu oraz diterpenów, takich jak kwas kopalowy i kwas kaurenowy. Wykazano, że związki te hamują aktywację prozapalnych szlaków sygnałowych, ograniczają powstawanie ROS oraz zwiększają aktywność endogennych enzymów antyoksydacyjnych. Dzięki temu oleożywica copaiba może jednocześnie zmniejszać stres oksydacyjny i stan zapalny – dwa ściśle powiązane procesy odgrywające kluczową rolę w patogenezie wielu chorób przewlekłych [21].

W większości badań eksperymentalnych oleożywicę copaiba podawano doustnie w dawkach wynoszących około 100-400 mg/kg masy ciała na dobę, chociaż dokładne dawkowanie różniło się w zależności od gatunku *Copaifera* oraz zastosowanego modelu badawczego. Pomimo obiecujących wyników, nadal brakuje dobrze zaprojektowanych badań klinicznych oceniających skuteczność oraz optymalne dawkowanie preparatów zawierających oleożywicę copaiba w celu

uzyskania efektu przeciwutleniającego u ludzi. Z tego względu dostępne dane należy uznać za zachęcające, lecz wciąż wstępne. Konieczne są dalsze, dobrze zaprojektowane badania kliniczne, które pozwolą potwierdzić dotychczasowe obserwacje oraz opracować zalecenia dotyczące dawkowania.

Działanie przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze

Oleożywica copaiba wykazuje właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze, które zostały potwierdzone w licznych badaniach laboratoryjnych (Tab. 2). W badaniu przeprowadzonym przez de Mello i wsp. [22] oceniano *in vitro* działanie bakteriobójcze oleożywicy *Copaifera duckei* wobec *Streptococcus agalactiae* oraz *Flavobacterium columnare* z wykorzystaniem metody seryjnych rozcieńczeń, a następnie zweryfikowano jej skuteczność *in vivo* u tilapii nilowej (*Oreochromis niloticus*). Oleożywica wykazywała wyraźne działanie bakteriobójcze w warunkach laboratoryjnych, natomiast ryby otrzymujące wyższe dawki tego surowca w diecie charakteryzowały się lepszymi parametrami odpowiedzi immunologicznej oraz mniejszym stopniem uszkodzenia tkanek po zakażeniu bakteryjnym.

Pomimo licznych badań *in vitro* potwierdzających aktywność przeciwbakteryjną oleożywicy copaiba wobec bakterii jamy ustnej, patogenów odpowiedzialnych za choroby przyzębia oraz szczepów wielolekoopornych (Tab. 2), nadal brakuje odpowiedniej liczby randomizowanych badań klinicznych oceniających skuteczność tych właściwości u ludzi. Najsilniejszych dowodów klinicznych dostarcza obecnie randomizowane badanie z grupą kontrolną przeprowadzone przez Cardinelli i wsp. [19], w którym hydrożel zawierający oleożywicę *Copaifera multijuga* istotnie przyspieszał gojenie pourazowych ran skóry. Chociaż w badaniu nie oceniano bezpośrednio parametrów mikrobiologicznych, uzyskane wyniki pozostają zgodne z wcześniejszymi doniesieniami wskazującymi na przeciwzapalne i przeciwdrobnoustrojowe właściwości oleożywicy copaiba.

Dodatkowych dowodów klinicznych dostarczyło randomizowane badanie z grupą kontrolną oceniające lakier stomatologiczny zawierający olejek copaiba stosowany u dzieci. Preparat nanoszono na powierzchnię zębów, a następnie oceniano częstość występowania próchnicy na podstawie oceny klinicznej. Lakier zawierający olejek copaiba wykazywał obiecujące działanie ochronne przed rozwojem próchnicy, co wskazuje na jego potencjalne zastosowanie w kontroli biofilmu jamy ustnej oraz profilaktyce chorób przyzębia [23].

Działanie przeciwbólowe i wspomagające gojenie

Właściwości przeciwbólowe oleożywicy copaiba przypisuje się przede wszystkim obecności BCP, który często stanowi 30-60% jej frakcji lotnej [3]. β-Kariofilen jest selektywnym agonistą re-

Tab. 2. Aktywność przeciwdrobnoustrojowa oleożywicy copaiba (*Copaifera* spp.). Przegląd badań *in vitro* i danych eksperymentalnych. **Źródło:** [3, 12, 20, 24-26].

Mikroorganizm	Znaczenie kliniczne	Metoda potwierdzenia działania	Zaobserwowany efekt
Staphylococcus aureus	Zakażenia skóry, ran, atopowe zapalenie skóry	MIC, MBC, dyfuzja agarowa	Zahamowanie wzrostu bakterii Gram-dodatnich
Staphylococcus epidermidis	Biofilm skórny, zakażenia implantów	MIC, testy wzrostu	Działanie bakteriostatyczne
Cutibacterium acnes (dawniej Propionibacterium acnes)	Trądzik pospolity	Badania *in vitro*, formulacje dermatologiczne	Ograniczenie wzrostu bakterii związanych z trądzikiem
Streptococcus mutans	Próchnica zębów	MIC, testy biofilmu	Hamowanie tworzenia biofilmu
Enterococcus faecalis	Zakażenia endodontyczne	Testy mikrobiologiczne *in vitro*	Redukcja wzrostu bakterii
Porphyromonas gingivalis	Zapalenie przyzębia	Badania periodontologiczne	Działanie przeciwbakteryjne i przeciwzapalne
Aggregatibacter actinomycetemcomitans	Choroby przyzębia	MIC, hodowle bakteryjne	Ograniczenie namnażania
Escherichia coli	Zakażenia przewodu pokarmowego i moczowego	MIC, MBC	Umiarkowana wrażliwość, zwykle mniejsza niż bakterii Gram-dodatnich
Pseudomonas aeruginosa	Zakażenia ran i oparzeń	MIC, dyfuzja agarowa	Działanie słabsze niż wobec Gram-dodatnich
Klebsiella pneumoniae	Zakażenia szpitalne	Testy wzrostu	Częściowa wrażliwość
Candida albicans	Kandydoza skóry i błon śluzowych	MIC, hodowle grzybów	Działanie przeciwgrzybicze
Candida tropicalis	Zakażenia oportunistyczne	MIC	Zahamowanie wzrostu
Candida glabrata	Zakażenia u osób immunoniekompetentnych	MIC	Umiarkowana aktywność przeciwgrzybicza

MIC (*minimum inhibitory concentration*) – minimalne stężenie hamujące wzrost drobnoustroju; MBC (*minimum bactericidal concentration*) – minimalne stężenie bakteriobójcze.

ceptora kannabinoidowego typu 2 (CB2, *cannabinoid receptor type 2*), a aktywacja tego receptora prowadzi do zahamowania uwalniania mediatorów prozapalnych oraz zmniejszenia uwrażliwienia nocyceptorów. W przeciwieństwie do agonistów receptora kannabinoidowego typu 1 (CB1, *cannabioid receptor type 1*), β-kariofilen nie wywołuje efektów psychoaktywnych. Ponadto obecne w oleożywicy copaiba diterpeny, takie jak kwas kopalowy i kwas kaurenowy, mogą pośrednio łagodzić ból poprzez ograniczanie stanu zapalnego, który jest jednym z głównych mechanizmów rozwoju bólu przewlekłego [3-5].

Badania eksperymentalne konsekwentnie potwierdzają działanie przeciwbólowe oleożywicy copaiba, zwłaszcza po jej miejscowym zastosowaniu na uszkodzoną skórę [5, 15, 18, 24]. W modelu oparzenia skóry wywołanego promieniowaniem UVB, krem zawierający 3% oleożywicy copaiba istotnie zmniejszał zarówno wrażliwość na bodźce mechaniczne, jak i termiczne [27]. Wyniki te wskazują na działanie przeciwbólowe (antynocyceptywne) związane z hamowaniem przewodzenia bodźców bólowych w układzie nerwowym.

Oprócz właściwości przeciwbólowych, coraz więcej badań wskazuje, że oleożywica copaiba wspomaga proces gojenia ran. W badaniu opublikowanym w 2024 roku, przeprowadzonym z wykorzystaniem mysiego modelu ostrego alergicznego zapalenia dróg oddechowych, wykazano, że oleożywica copaiba istotnie ograniczała nasilenie odpowiedzi zapalnej oraz sprzyjała reepitelializacji poprzez zmniejszenie fragmentacji włókien elastycznych i zwiększenie odkładania kolagenu [25]. Wyniki te sugerują, że oleożywica copaiba wspomaga regenerację tkanek, chociaż siła tego efektu może zależeć od drogi podania oraz rodzaju uszkodzenia. Łącznie dostępne dane wskazują, że oleożywica copaiba może jednocześnie łagodzić ból i przyspieszać naprawę tkanek, zwłaszcza w przebiegu stanów zapalnych oraz urazów skóry i błon śluzowych [5, 15, 18, 24].

Dowody kliniczne potwierdzające przeciwbólowe działanie oleożywicy copaiba u ludzi są nadal ograniczone. Badania opublikowane od 2021 roku koncentrowały się przede wszystkim na procesie gojenia ran oraz modulacji odpowiedzi zapalnej, natomiast ocena bólu stanowiła zazwyczaj drugorzędowy punkt końcowy. Mimo to liczne wyniki badań przedklinicznych wskazują, że oleożywica copaiba posiada istotny potencjał przeciwbólowy, który może mieć znaczenie kliniczne [25].

KIERUNKI WYKORZYSTANIA COPAIBY

Zastosowanie w kosmetologii

Dostępne dowody naukowe dotyczące zastosowania oleożywicy copaiba w kosmetologii są nadal ograniczone. Jako składnik aktywny jest najczęściej stosowana w preparatach funkcjonalnych ukierunkowanych na pielęgnację skóry podrażnionej, problematycznej oraz objętej stanem zapalnym. Oleożywicę copaiba można znaleźć przede wszystkim w kremach i serum do skóry trądzikowej, preparatach do punktowego stosowania w przypadku wybranych problemów dermatologicznych, w tym w obrębie jamy ustnej oraz dermokosmetykach. Jest składnikiem preparatów regenerujących oraz kosmetyków stosowanych po ekspozycji na promieniowanie słoneczne, gdzie pełni funkcję substancji łagodzącej i wspomagającej odbudowę bariery naskórkowej. Ze względu na właściwości przeciwzapalne oraz potencjalne działanie przeciwbólowe, oleożywica copaiba jest także wykorzystywana w olejkach do masażu, balsamach oraz miejscowych preparatach do łagodzenia dolegliwości mięśniowo-stawowych. Rzadziej stanowi składnik kosmetyków do pielęgnacji włosów i skóry głowy, gdzie stosowana jest w celu zmniejszenia podrażnienia oraz łagodzenia zmian zapalnych skóry głowy [7, 25].

Oleożywica copaiba jest wskazywana jako potencjalny składnik wspomagający leczenie trądziku pospolitego [28]. Jednak współczesne dowody kliniczne potwierdzające jej skuteczność w terapii tej choroby pozostają nieliczne. W jednym z RCT wykazano, że żel zawierający oleożywicę copaiba charakteryzował się istotną skutecznością kliniczną w leczeniu zmian trądzikowych [29]. I chociaż wcześniejsze badania także wykazały korzystne działanie preparatów otrzymywanych z gatunków *Copaifera*, nadal brakuje aktualnych, randomizowanych badań klinicznych, co czyni ten obszar ważną luką badawczą.

Powstawanie blizn stanowi naturalny etap procesu gojenia skóry, jednak jego zaburzenia mogą prowadzić do rozwoju blizn patologicznych. W jednym z badań klinicznych oceniano skuteczność żelu silikonowego wzbogaconego oleożywicą copaiba w zapobieganiu powstawaniu blizn oraz poprawie ich wyglądu. Zastosowanie badanego preparatu istotnie poprawiało zabarwienie, kontur, elastyczność, strukturę oraz ogólny wygląd blizn, a także zmniejszało ich widoczność, co oceniano klinicznie i fotograficznie z wykorzystaniem skali oceny wyglądu i jakości blizn (MSS, *Manchester Scar Scale*). Preparat zawierający oleożywicę copaiba był dobrze tolerowany, nie powodował istotnych działań niepożądanych oraz uzyskał wysoki poziom satysfakcji pacjentów. Wyniki te sugerują, że oleożywica copaiba może stanowić obiecujący składnik wspomagający profilaktykę i leczenie blizn patologicznych. Konieczne są jednak badania kliniczne obejmujące większe grupy pacjentów, które pozwolą potwierdzić jej skuteczność oraz określić miejsce tego surowca w rutynowej praktyce dermatologicznej i kosmetologicznej [24].

Właściwości przeciwzapalne oleożywicy copaiba przypisuje się przede wszystkim obecności β-kariofilenu, natomiast zawarte w niej diterpeny mogą dodatkowo wspierać procesy naprawy tkanek oraz wykazywać działanie ochronne. Z tego względu oleożywica copaiba wydaje się obiecującym składnikiem preparatów przeznaczonych do pielęgnacji skóry po-

drażnionej, uszkodzonej oraz narażonej na stres oksydacyjny. Jej wielokierunkowa aktywność biologiczna sprawia, że jest szczególnie atrakcyjnym składnikiem dermokosmetyków przeznaczonych do pielęgnacji skóry z zaburzoną funkcją bariery naskórkowej, objętej stanem zapalnym oraz wymagającej intensywnej regeneracji.

Należy jednak podkreślić, że większość dostępnych dowodów naukowych pochodzi z badań *in vitro* oraz modeli zwierzęcych, natomiast liczba badań klinicznych oceniających skuteczność kosmetyków zawierających oleożywicę copaiba jest nadal ograniczona. W związku z tym konieczne są dalsze, dobrze zaprojektowane badania kliniczne, które pozwolą określić optymalne stężenia tego składnika, ocenić bezpieczeństwo jego długotrwałego stosowania oraz zweryfikować rzeczywistą skuteczność preparatów kosmetycznych zawierających oleożywicę copaiba w warunkach praktyki klinicznej i kosmetologicznej [12, 27].

Zastosowanie w aromaterapii

W aromaterapii zazwyczaj nie stosuje się surowej oleożywicy copaiba, lecz jej lotną frakcję uzyskiwaną w procesie destylacji – czyli olejek eteryczny copaiba. Tradycyjnie olejek ten stosowano w celu wspomagania relaksacji, redukcji stresu, poprawy jakości snu, wspierania leczenia zakażeń dróg oddechowych oraz łagodzenia dolegliwości bólowych. Pomimo wielowiekowej historii jego zastosowania w medycynie tradycyjnej, liczba badań klinicznych oceniających jego skuteczność pozostaje ograniczona.

Dowodów klinicznych dostarczyło randomizowane badanie z grupą kontrolną, w którym wykazano, że inhalacja olejku eterycznego copaiba u osób poddanych zadaniu wywołującemu stres poznawczy prowadziła do istotnego zmniejszenia poziomu lęku, ocenianego zarówno na podstawie subiektywnych odczuć uczestników, jak i obiektywnych parametrów fizjologicznych. U osób eksponowanych na olejek obserwowano obniżenie częstości akcji serca oraz stężenia kortyzolu w ślinie, co wskazuje na osłabienie odpowiedzi stresowej osi podwzgórze-przysadka-nadnercza (HPA, *hypothalamic-pituitary-adrenal axis*). Ponadto analiza elektroencefalograficzna (EEG, *electroencephalography*) wykazała zmniejszenie aktywności fal beta w korze czołowej, co jest powszechnie interpretowane jako wskaźnik obniżenia napięcia psychicznego oraz pobudzenia kory mózgowej. Łącznie wyniki te potwierdzają potencjalną przydatność olejku eterycznego copaiba w aromaterapii jako metody wspomagającej redukcję lęku i stresu psychicznego [30].

BEZPIECZEŃSTWO I ASPEKTY TOKSYKOLOGICZNE

Rosnące zainteresowanie oleożywicą copaiba jako składnikiem preparatów terapeutycznych i kosmetycznych podkreśla potrzebę kompleksowej oceny jej profilu bezpieczeństwa. Pomimo naturalnego pochodzenia oleożywica copaiba może wykazywać działania toksyczne zależne od dawki, czasu ekspozycji oraz zmienności jej składu chemicznego.

Chociaż oleożywica copaiba jest stosowana w medycynie tradycyjnej od stuleci, dane dotyczące jej bezpieczeństwa toksykologicznego są nadal ograniczone. W celu uzupełnienia tej luki Silva i wsp. przeprowadzili badania na gryzoniach, oceniając ostrą i podostrą toksyczność doustną komercyjnie dostępnej oleożywicy *Copaifera* spp. Badanie wykonano zgodnie z wytycznymi Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD, *Organisation for Economic Co-operation and Development*) dotyczącymi badań toksykologicznych i obejmowało zarówno jednorazowe podanie wysokiej dawki, jak i 28-dniowy protokół wielokrotnego podawania. W badaniu ostrej toksyczności zwierzętom podano jednorazowo doustnie dawkę 2000 mg/kg masy ciała. W ciągu kolejnych 14 dni obserwacji nie odnotowano przypadków śmierci ani ciężkich objawów toksyczności. Pozwoliło to zaklasyfikować badany materiał do kategorii 5 według Globalnie Zharmonizowanego Systemu Klasyfikacji i Oznakowania Chemikaliów (GHS, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*), co wskazuje na niskie ryzyko ostrej toksyczności. W badaniu podostrym samicom szczurów podawano doustnie przez 28 dni dawki wynoszące 25, 50 lub 100 mg/kg masy ciała na dobę. Nie odnotowano negatywnego wpływu na przyrost masy ciała, spożycie pokarmu i wody, masę narządów ani na wyniki badań hematologicznych, biochemicznych i histopatologicznych. Interesującą obserwacją było obniżenie aktywności fosfatazy zasadowej we wszystkich grupach otrzymujących oleożywicę, co, zdaniem autorów, może wskazywać na potencjalne działanie hepatoprotekcyjne badanego surowca [31].

Dostępne dane toksykologiczne wskazują ponadto, że oleożywica copaiba nie wykazuje istotnego działania genotoksycznego ani toksycznego wpływu na funkcje rozrodcze przy dawkach porównywalnych z dawkami stosowanymi terapeutycznie. Almeida i wsp. nie stwierdzili działania genotoksycznego olejku copaiba ani wybranych jego frakcji w modelu mysim, co sugeruje, że preparaty te nie powodują wykrywalnych uszkodzeń materiału genetycznego [32]. Podobnie Cardinelli i wsp., w kompleksowym przeglądzie danych toksykologicznych dotyczących różnych gatunków rodzaju *Copaifera*, uznali, że zarówno oleożywice copaiba, jak i wyizolowane z nich terpeny charakteryzują się korzystnym profilem bezpieczeństwa [33]. Ponadto Gonçalves i wsp. oceniali wpływ przewlekłego doustnego podawania olejku *C. multijuga* na funkcje rozrodcze samców szczurów i nie wykazali istotnego pogorszenia zdolności rozrodczych, jakości nasienia ani płodności [34].

Pewne wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa stosowania pojawiły się jednak w odniesieniu do okresu ciąży. W ba-

daniach na ciężarnych szczurach, wysokie dawki ogólnoustrojowo podawanej oleożywicy *Copaifera reticulata* wiązały się z niekorzystnym wpływem na rozwój płodu, co sugeruje możliwość występowania działania embriotoksycznego przy znacznej ekspozycji [33]. Chociaż efekty te obserwowano po dawkach znacznie wyższych niż stosowane w praktyce terapeutycznej lub kosmetycznej, wyniki te uzasadniają ostrożne podejście do stosowania preparatów zawierających copaibę u kobiet w ciąży do czasu uzyskania dodatkowych danych klinicznych potwierdzających ich bezpieczeństwo.

PERSPEKTYWY NA PRZYSZŁOŚĆ

Mimo rosnącej liczby badań przedklinicznych wiedza na temat bezpieczeństwa stosowania oleożywicy copaiba u ludzi jest wciąż ograniczona. Badania eksperymentalne sugerują, że niektóre składniki oleożywicy mogą wykazywać właściwości cytotoksyczne lub genotoksyczne po aktywacji metabolicznej, natomiast wybrane seskwiterpeny wykazały potencjalne właściwości mutagenne w modelach predykcyjnych *in silico*. Dotychczasowe badania na zwierzętach nie potwierdziły jednak istotnego działania genotoksycznego przy dawkach uznawanych za terapeutycznie istotne.

Dostępne modele obejmujące ocenę wchłaniania, dystrybucji, metabolizmu, wydalania i toksyczności (ADMET, *absorption, distribution, metabolism, excretion and toxicity*) sugerują ponadto, że niektóre terpeny obecne w oleożywicy copaiba mogą przenikać przez barierę krew-mózg. Należy jednak podkreślić, że przewidywania oparte na modelach komputerowych wymagają potwierdzenia w odpowiednio zaprojektowanych badaniach eksperymentalnych i klinicznych [33].

Ze względu na rosnące zainteresowanie oleożywicą copaiba w dermatologii, kosmetologii i medycynie regeneracyjnej istnieje wyraźna potrzeba przeprowadzenia wysokiej jakości badań klinicznych oceniających jej profil farmakokinetyczny, bezpieczeństwo długotrwałego stosowania, potencjalne interakcje z lekami oraz wpływ na markery stresu oksydacyjnego i stanu zapalnego u ludzi [35]. Kolejnym istotnym kierunkiem badań jest ocena bezpieczeństwa i skuteczności nowoczesnych systemów dostarczania substancji czynnych, takich jak nanonośniki oraz formulacje o kontrolowanym uwalnianiu, których celem jest zwiększenie skuteczności terapeutycznej związków biologicznie czynnych pozyskiwanych z oleożywicy copaiba [36].

Do najlepiej udokumentowanych właściwości biologicznych oleożywicy copaiba należą działanie przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe oraz wspomagające regenerację tkanek [33]. Mechanizmy te mają szczególne znaczenie dla utrzymania homeostazy skóry, ponieważ przewlekły stan zapalny oraz stres oksydacyjny należą do głównych czynników prowadzących do uszkodzenia tkanek i przyspieszonego starzenia się skóry [37]. Z tego względu oleożywica copaiba stanowi obiecujący, wielofunkcyjny składnik przyszłych preparatów dermatologicznych i kosmetycznych.

Potencjał terapeutyczny oleożywicy copaiba potwierdzają również badania nad jej formulacjami farmaceutycznymi. Przykładem jest system dostarczania substancji czynnych opracowany przez Campanholi i wsp., wykorzystujący oleożywicę z *Copaifera reticulata* w leczeniu ran skóry. Opracowana formulacja charakteryzowała się zadowalającą stabilnością fizykochemiczną, przy jednoczesnym zachowaniu aktywności biologicznej niezbędnej do wspomagania regeneracji tkanek [38]. Z kolei Gushiken i wsp. [35] wykazali, że nanostrukturalny emulżel lipidowy zawierający oleożywicę *Copaifera langsdorffii* istotnie przyspieszał gojenie ran poprzez ograniczenie stanu zapalnego oraz stymulację reepitelializacji, nie powodując przy tym miejscowych działań niepożądanych. Zatem odpowiednio zaprojektowane systemy dostarczania substancji czynnych mogą zwiększać biodostępność oraz skuteczność terapeutyczną oleożywicy copaiba, przy jednoczesnym zachowaniu korzystnego profilu bezpieczeństwa, co stanowi obiecujący kierunek dalszego rozwoju preparatów farmaceutycznych i kosmetycznych.

PODSUMOWANIE

Rodzaj *Copaifera* wzbudza coraz większe zainteresowanie w farmakologii, aromaterapii, kosmetologii oraz medycynie, zwłaszcza w obszarze medycyny komplementarnej, co wynika przede wszystkim z szerokiego spektrum aktywności biologicznej. Niniejszy przegląd wykazał, że oleożywica copaiba posiada dobrze udokumentowane właściwości przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe i przeciwutleniające.

Aktualne dane wskazują również, że oleożywica copaiba charakteryzuje się niską toksycznością ostrą oraz krótkoterminową. Dostępne badania eksperymentalne nie wykazały istotnego ryzyka działania genotoksycznego. Należy jednak podkreślić, że niektóre składniki oleożywicy wykazywały potencjalne właściwości mutagenne w modelach *in silico* lub po aktywacji metabolicznej. Nadal nie wiadomo, czy obserwacje te mają znaczenie kliniczne, co stanowi jedną z istotnych luk w obecnym stanie wiedzy.

Dostępne dowody naukowe potwierdzają terapeutyczny i kosmetologiczny potencjał oleożywicy copaiba. Konieczne są jednak dalsze, dobrze zaprojektowane badania kliniczne, które pozwolą określić bezpieczeństwo jej długotrwałego stosowania, optymalne dawkowanie oraz skuteczność u ludzi. Duże znaczenie będzie mieć także standaryzacja składu oleożywicy oraz dalszy rozwój nowoczesnych formulacji. Umożliwi to wykorzystanie obiecujących wyników badań przedklinicznych w wiarygodnych zastosowaniach klinicznych i kosmetologicznych.

LITERATURA / REFERENCES

1. Ng JY, Dhawan T, Fajardo RG, et al. The Brief History of Complementary, Alternative, and Integrative Medicine Terminology and the Development and Creation of an Operational Definition. *Integr Med Res*. 2023;12(4):100978. https://doi.org/10.1016/j.imr.2023.100978
2. Caballero-Gallardo K, Quintero-Rincón P, Olivero-Verbel J. Aromatherapy and Essential Oils: Holistic Strategies in Complementary and Alternative Medicine for Integral Wellbeing. *Plants*. 2025;14(3):400. https://doi.org/10.3390/plants14030400
3. Leandro LM, De Sousa Vargas F, Barbosa PCS, et al. Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (Copaifera spp.) Oleoresins. *Molecules*. 2012;17(4):3866-3889. https://doi.org/10.3390/molecules17043866
4. Kumar R, Singh Y, Piplani M, et al. The Chemistry and Pharmacological Study of Copaifera spp. Oils. *The Chemistry Inside Spices & Herbs: Research and Development*. 2024;4:79-116. https://doi.org/10.2174/9789815196832124040006
5. Símaro GV, Lemos M, Mangabeira da Silva JJ, et al. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of Copaifera pubiflora Benth oleoresin and its major metabolite ent-hardwickiic acid. *J Ethnopharmacol*. 2021;271:113883. https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113883
6. Ma JF, Miyake Y, Takahashi E. Chapter 2. Silicon as a beneficial element for crop plants. *Silicon in Agriculture: Studies in Plant Science*. 2001;8:17-39. https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80006-9
7. Silvério Pena Bento JP, Scremin-Dias E, Alves FM, et al. Phylogenetic implications of the anatomical study of the Amburaneae clade (Fabaceae: Faboideae). *Bot J Linn Soc*. 2020;194(1):69-83. https://doi.org/10.1093/botlinnean/boaa019
8. Da Fonseca LCN, Rech AR, Bergamo PJ, et al. Heterospecific pollen deposition among plants sharing hummingbird pollinators in the Brazilian Atlantic Forest. *Rodriguesia*. 2016;67(2):335-345. https://doi.org/10.1590/2175-7860201667205
9. Lee J, Wang M, Zhao J, et al. Chemical Characterization and Quality Assessment of Copaiba Oil-Resin Using GC/MS and SFC/MS. *Plants*. 2023;12(8):1619. https://doi.org/10.3390/plants12081619
10. Fern K. Copaifera langsdorffii. Useful Tropical Plants Database. Published online 2026. https://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=-Copaifera+langsdorffii. Accessed 12.07.2026.
11. Francksen RM, Turnbull S, Rhymer CM, et al. The Effects of Nitrogen Fertilisation on Plant Species Richness in European Permanent Grasslands: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Agronomy*. 2022;12(12):2928. https://doi.org/10.3390/agronomy12122928
12. da Trindade R, da Silva JK, Setzer WN. Copaifera of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. *Int J Mol Sci*. 2018;19(5):1511. https://doi.org/10.3390/ijms19051511
13. Graça G de AP, Silva CG, Scoaris D de O, et al. Chemical Profiling and Biological Activity of Copaiba Oil-Resin Samples and Development of HPLC-DAD Method for the Analysis of β-Caryophyllene. *Biomedical Chromatography*. 2026;40(5):e70416. https://doi.org/10.1002/bmc.70416
14. Herrero-Jáuregui C, Casado MA, das Graças Bichara Zoghbi M, Célia Martins-da-Silva R. Chemical variability of Copaifera reticulata Ducke oleoresin. *Chem Biodivers*. 2011;8(4):674-685. https://doi.org/10.1002/cbdv.201000258
15. Pinto EP, da Costa SOAM, D'Haese C, et al. Poly-ε-caprolactone nanocapsules loaded with copaiba essential oil reduce inflammation and pain in mice. *Int J Pharm*. 2023;642:123147. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.123147
16. Nazário RMF, Frazão DR, Bittencourt LO, et al. Copaiba Oil-Resin Reduces the Alveolar Bone Damage Triggered by Apical Periodontitis in Rats. *Int Endod J*. 2026;59(3):511-523. https://doi.org/10.1111/iej.70063
17. Telles LO, da Silva BS, Paulino AMB, et al. Copaiba oleoresin presents anti-obesogenic effect and mitigates inflammation and redox imbalance in adipose tissue. *Acta Amazon*. 2022;52(4):331-338. https://doi.org/10.1590/1809-4392202201411
18. de Almeida Júnior JS, da Silva ÉBS, Moraes TMP, et al. Anti-Inflammatory Potential of the Oleoresin from the Amazonian Tree Copaifera reticulata with an Unusual Chemical Composition in Rats. *Vet Sci*. 2021;8(12):320. https://doi.org/10.3390/vetsci8120320
19. Cardinelli CC, Passos JTG, Veiga-Junior VF, et al. Skin Tear Treatment with Copaifera multijuga Hayne in Polymeric Hydrogel: A Randomized Clinical Trial. *Pharmaceuticals*. 2024;17(12):1691. https://doi.org/10.3390/ph17121691
20. Campos C, Turck P, Tavares AMV, et al. Effects of Copaiba Oil in Peripheral Markers of Oxidative Stress in a Model of Cor Pulmonale in Rats. *Arq Bras Cardiol*. 2021;117(6):1106-1112. https://doi.org/10.36660/abc.20200929
21. Monteschio JO, de Vargas Junior FM, Alves da Silva AL, et al. Effect of copaíba essential oil (Copaifera officinalis L.) as a natural preservative on the oxidation and shelf life of sheep burgers. *PLoS One*. 2021;16(3):e0248499. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248499
22. de Mello NP, Carlos Ramos Espinoza F, da Silva Claudiano G, et al. Copaiba oil's bactericidal activity and its effects on health and zootechnical performance for Nile tilapia after oral supplementation. *Sci Rep*. 2024;14(1):17405. https://doi.org/10.1038/s41598-024-66024-x
23. Valadas LAR, Lobo PLD, Fonseca SGDC, et al. Clinical and Antimicrobial Evaluation of Copaifera langsdorffii Desf. Dental Varnish in Children: A Clinical Study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021;2021:6647849. https://doi.org/10.1155/2021/6647849
24. Cui J, Li M, Wei Y, et al. Inhalation Aromatherapy via Brain-Targeted Nasal Delivery: Natural Volatiles or Essential Oils on Mood Disorders. *Front Pharmacol*. 2022;13:860043. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.860043
25. Menezes ACDS, Alves LDB, Goldemberg DC, et al. Anti-inflammatory and wound healing effect of Copaiba oleoresin on the oral cavity: A systematic review. *Heliyon*. 2022;8(2):e08993. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08993
26. Frazão DR, Cruz JN, Santana de Oliveira M, et al. Evaluation of the biological activities of Copaiba (Copaifera spp): a comprehensive review based on scientometric analysis. *Front Pharmacol*. 2023;14:1215437. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1215437
27. Becker G, Brusco I, Casoti R, et al. Copaiba oleoresin has topical antinociceptive activity in a UVB radiation-induced skin-burn model in mice. *J Ethnopharmacol*. 2020;250:112476. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112476
28. Winkelman WJ. Aromatherapy, botanicals, and essential oils in acne. *Clin Dermatol*. 2018;36(3):299-305. https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2018.03.004
29. da Silva AG, Puziol Pde F, Leitao RN, et al. Application of the essential oil from copaiba (Copaifera langsdori Desf.) for acne vulgaris: a double--blind, placebo-controlled clinical trial. *Altern Med Rev*. 2012;17(1):69-75.
30. Zhang N, Chen J, Dong W, Yao L. The Effect of Copaiba Oil Odor on Anxiety Relief in Adults under Mental Workload: A Randomized Controlled Trial. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2022;2022:3874745. https://doi.org/10.1155/2022/3874745
31. Silva M, dos Anjos Melo D, de Oliveira S, et al. Acute and a 28-repeated dose toxicity study of commercial oleoresin from Copaifera sp. in rodents. *Adv Tradit Med*. 2022;22:739-747. https://doi.org/10.1007/s13596-021-00601-7
32. Almeida MR, Darin JD, Hernandes LC, et al. Genotoxicity assessment of Copaiba oil and its fractions in Swiss mice. *Genet Mol Biol*. 2012;35(3):664-672. https://doi.org/10.1590/s1415-47572012005000052
33. Cardinelli CC, Silva JEA, Ribeiro R, et al. Toxicological Effects of Copaiba Oil (Copaifera spp.) and Its Active Components. *Plants*. 2023;12(5):1054. https://doi.org/10.3390/plants12051054
34. Gonçalves ES, Silva JR, Gomes CL, et al. Effects of the oral treatment with Copaifera multijuga oil on reproductive performance of male Wistar rats. *Rev Bras Farmacogn*. 2014;24(3):355-362. http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2014.07.014
35. Gushiken LFS, Beserra FP, Hussni MF, et al. Copaifera langsdorffii Oleoresin-Loaded Nanostructured Lipid Carrier Emulgel Improves Cutaneous Healing by Anti-Inflammatory and Re-Epithelialization Mechanisms. *Int J Mol Sci*. 2023;24(21):15882. https://doi.org/10.3390/ijms242115882
36. Madawi EA, Al Jayoush AR, Rawas-Qalaji M, et al. Polymeric Nanoparticles as Tunable Nanocarriers for Targeted Delivery of Drugs to Skin Tissues for Treatment of Topical Skin Diseases. *Pharmaceutics*. 2023;15(2):657. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020657
37. Fernandes A, Rodrigues PM, Pintado M, Tavaria FK. A systematic review of natural products for skin applications: Targeting inflammation, wound healing, and photo-aging. *Phytomedicine*. 2023;115:154824. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.154824
38. Campanholi K da SS, Silva Junior RC da, Gonçalves RS, et al. Design and Optimization of a Natural Medicine from Copaifera reticulata Ducke for Skin Wound Care. *Polymers (Basel)*. 2022;14(21):4483. https://doi.org/10.3390/polym14214483

otrzymano / received: 18.07.2026 | zaakceptowano / accepted: 23.08.2026 | published / opublikowano: 18.10.2026