

Rooibos (*Aspalathus linearis* (Burm. f.) R. Dahlgren) – substancje biologicznie aktywne i działanie farmakologiczne

Rooibos (*Aspalathus linearis* (Burm. f.) R. Dahlgren) – biological active substances and pharmacological activity

Katedra i Zakład Farmakognozji, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
Kierownik Katedry i Zakładu: prof. dr hab. n. farm. Wiesława Byłka

SUMMARY

The presented paper is a review of literature on *Aspalathus linearis* (Burm. f.) R. Dahlgren (Rooibos) – an endemic South African plant, valued for the taste and aroma of the herbal tea made from it. The morphological appearance, occurrence, phytochemical composition and pharmacological activity of this plant were presented. The main biologically active compounds of *A. linearis* are flavonoids, especially unique dihydrochalcones – aspalathin and nothofagin. The therapeutic effect of this plant has been proven by numerous *in vitro* studies, on cell and animal models, and even in clinical studies on volunteers. The pharmacological activity of Rooibos infusions is associated with their high antioxidant activity, and may, therefore, be useful in prevention and treatment of several neurodegenerative diseases, cardiovascular diseases, diabetes, liver damage and even cancer. Due to low toxicity, lack of caffeine, a low tannin content, a high content of iron and other microelements, Rooibos can be safely administered to children, pregnant women, and offer an alternative to coffee or tea.

Keywords: *Aspalathus linearis*, Rooibos, chemical composition, biological activity

STRESZCZENIE

Prezentowana praca stanowi przegląd literatury dotyczącej *Aspalathus linearis* (Burm. f.) R. Dahlgren (Rooibos), rośliny endemicznej Południowej Afryki, popularnej ze względu na smak i aromat sporządzanej z niej ziołowej herbaty. Przedstawiono: wygląd morfologiczny tej rośliny, występowanie, skład chemiczny i aktywność farmakologiczną. Głównymi związkami biologicznie czynnymi *A. linearis* są flawonoidy, szczególnie unikalne dihydrochalkony – aspalatyna i notofagina. Działanie lecznicze rośliny zostało udowodnione w licznych badaniach *in vitro*, na modelach komórkowych i zwierzęcych, a nawet w badaniach klinicznych na ochotnikach. Działanie farmakologiczne naparów z Rooibos jest związane z ich wysoką aktywnością przeciwutleniającą i dlatego mogą one być użyteczne w zapobieganiu i leczeniu wielu chorób neurodegeneracyjnych, chorób układu sercowo-naczyniowego, cukrzycy, otyłości, uszkodzenia wątroby, a nawet nowotworów. Z powodu niskiej toksyczności, braku kofeiny, niskiej zawartości garbników, wysokiej zawartości żelaza i innych mikroelementów Rooibos może być bezpiecznie podawany dzieciom, kobietom w ciąży oraz stanowić alternatywę dla kawy lub herbaty.

Słowa kluczowe: *Aspalathus linearis*, Rooibos, związki chemiczne, aktywność biologiczna

Wstęp

Nazwa Rooibos określa zarówno południowoafrykańską roślinę *Aspalathus linearis* (aspalat prosty), jak i produkowany z liści i łodyg tej rośliny napój (herbatę) o przyjemnym smaku i cennych właściwościach zdrowotnych (1). Mimo iż dystrybucja Rooibos poza miejsce jego naturalnego występowania rozpoczęła się dopiero w XX wieku, to produkt ten, zaliczany obecnie do żywności funkcjonalnej, szybko zdobywa zwolenników. Napój jest ceniony głównie z powodu

braku kofeiny i niskiej zawartości garbników, a także wysokiej zawartości flawonoidów i związków mineralnych (2).

Przynależność systematyczna i morfologia *A. linearis*

Aspalathus linearis (Burm. f.) R. Dahlgren (aspalat prosty) według systemu APG III (zgodnego z klasyfikacją filogenetyczną roślin telomowych)

należy do rodziny *Fabaceae* (Bobowatych), plemienia *Crotalariaeae* i liczącego około 300 gatunków rodzaju *Aspalathus* (aspalat). Aspalat prosty lepiej znany jest jako Rooibos, czerwonekrzew, red bush, rotbush, a w języku afrykanerskim – koopmanstee, naaldtee, rooibostee, speldtee, swarttee (3).

W obrębie gatunku *A. linearis* istnieje silne zróżnicowanie morfologiczne, genetyczne, chemiczne i funkcjonalne. Na podstawie pokroju rośliny, koloru liści, kwiatów, przystosowania do przetrwania pożaru oraz składu chemicznego, zwłaszcza rodzaju związków polifenolowych, rozróżnia się 7 zasadniczych biotypów (4). Z kolei biorąc pod uwagę preferencje siedliskowe, wyróżnia się 5 ekotypów tego gatunku (1).

Główna, komercyjna odmiana *A. linearis*, jest gęsto rozgałęzionym krzewem, o jednolicie żółtych kwiatkach, osadzonych na szypułkach i zwykle cienkich, jasnozielonych liściach. Inne odmiany mają często szarawzielone, najczęściej nagie lub delikatnie omszone liście oraz małe, żółte lub czerwonożółte kwiaty ze spiczastą linią grzbietową (4, 5). Aspalat prosty ma mocny korzeń palowy o długości ok. 2 metrów, dzięki czemu jest uważany za cenną roślinę pionierską i odtworzącą strukturę gleby po pożarze. Owocem jest lancetowaty i puszysty strąk, zawierający pojedyncze, małe, żółte, nerkowate nasienie (1, 2).

Występowanie

Rodzaj *Aspalathus* jest endemiczny dla Południowej Afryki. Występuje na terenie najmniejszego na świecie państwa florystycznego – Państwa Przylądkowego (Capensis), tylko w obrębie formacji roślinnej Fynbos w górach Cederberg, rozciągających się w zachodnich i południowo-wschodnich częściach prowincji Western Cape oraz w południowo-zachodniej części prowincji Northern Cape (1). Rooibos wymaga klimatu typu śródziemnomorskiego. *A. linearis* nie rośnie poniżej 450 m n.p.m., a kwitnie tylko powyżej 900 m n.p.m. Młode rośliny są wrażliwe na mróz i śnieg, za to dojrzałe dobrze znoszą surowe zimy i gorące lata. Gatunek jest przystosowany do głębokich, dobrze przepuszczalnych piasków, ubogich w składniki odżywcze, bardzo kwaśnych (pH 3-3,5), typowych dla terenów górskich. Próby rozprzestrzenienia *A. linearis* na inne tereny Południowej Afryki zakończyły się niepowodzeniem (1, 2, 5).

Uprawa, produkcja i parzenie herbaty Rooibos

Aspalathus linearis jest jedną z roślin, które przeszły transformację z lokalnego naturalnie rosnącego surowca, do ważnej rośliny uprawnej (6). Wykorzystanie

przez miejscową ludność herbaty z Rooibos pochodzącej z naturalnych stanowisk było znane już w XVIII w., ale dopiero w latach 30. XX wieku dzięki Le Frais Nortier – angielskiemu lekarzowi, zafascynowanemu korzyściami zdrowotnymi herbaty z tego gatunku, rozpoczęto eksperymenty, prowadzące do uprawy tej rośliny i umożliwiające sukces dzisiejszego przemysłu. Obecnie uprawiana jest tylko jedna odmiana – *A. linearis* Nortier. Ponad 90% komercyjnego produktu otrzymuje się z tej odmiany, natomiast wciąż są zbierane z naturalnych stanowisk odmiany Wupperthal i Nieuwoudtville, jako produkty specjalistyczne (1, 7, 8).

Rośliny są gotowe do zbioru surowca po 2 latach od ich posadzenia, dając maksymalny plon po 3 latach. Z dojrzałego krzewu otrzymuje się 110-220 gramów herbaty. Rośliny mogą żyć do 20 lat, natomiast na plantacjach najczęściej są utrzymywane przez 6-7 lat, gdyż z czasem drewnieją (2). W ostatnich dekadach obserwuje się znaczący wzrost zapotrzebowania na Rooibos. Odbiorcami są niemal wszystkie kraje świata, od Australii, Nowej Zelandii i Europy do Japonii, Kanady i USA (2, 7, 9). Ilość produktu na światowych rynkach wzrosła w ciągu 10 lat z 750 ton (1993 r.) do 5964 ton (2003 r.), a w roku 2007 osiągnęła wartość 7176 ton (9).

Produkcja herbaty jest procesem długotrwałym. Latem ścinane są szczytowe części roślin o długości ok. 45 cm, a po zwiędnięciu w specjalnych halach są cięte na drobne, ok. 0,5 cm odcinki, rozsypywane na betonowych platformach i gniecione przez traktory, następnie przewracane i zwilżane kilka razy wodą dla wzmocnienia naturalnego procesu enzymatycznego utleniania. W kolejnym etapie, ułożony w kopce i przykryty na 24 godz. surowiec jest poddawany fermentacji, w trakcie której liście z zielonych stają się intensywnie bursztynowe. Powstała w ten sposób czerwono-brązowa masa jest rozkładana cienkimi warstwami i suszona na słońcu do osiągnięcia ok. 11% wilgoci. Po około 3-miesięcznym przechowywaniu, Rooibos jest pakowany i kierowany do obrotu (2).

Bardziej wartościowy, głównie ze względu na większą ilość aspalatyny, jest tzw. zielony Rooibos. Podczas jego produkcji proces utleniania jest celowo hamowany – inaktywacja enzymów następuje poprzez poddanie surowca działaniu pary wodnej lub poduszaniu niepociętych pędów w niskiej temperaturze i przy małej wilgotności powietrza. Następnie surowiec jest rozdrabniany i suszony do wymaganej wilgotności (7, 10, 11).

Surowiec do przygotowywania herbaty Rooibos składa się z fragmentów liści i czubków łodyg o długości

ok. 0,5 cm. Liście są spłaszczone, a delikatnie żeberkowane młode łodygi wskutek pocięcia są bardzo podobne do rozdrobnionych liści (7).

W celu sporządzenia naparu z *A. linearis* zaleca się zalanie wrzątkiem 1,5 g surowca lub jednej torebki typu fix na filiżankę i parzenie przez 8-10 min. Polecana jest zarówno gorąca, jak i mrożona herbata Rooibos, która może być słodzona cukrem lub sokami owocowymi albo podawana z mlekiem (2, 12).

Skład chemiczny

Najlichnieszą grupę związków czynnych *A. linearis* stanowią związki fenolowe – zawartość sumy polifenoli w ekstrakcie wodnym sięga 252 mg/g, a etanolowym 234 mg/g (13). Dotychczas potwierdzono obecność ok. 30 różnorodnych związków fenolowych, głównie flawonoidów, licznych kwasów fenolowych oraz fenylopropanoidów, a także niewielkie ilości garbników, fenyloetanoidów i kumaryn (13-16).

Spośród związków flawonoidowych w *A. linearis* można wyróżnić dihydrochalkony, flawony, flawonole i flawanony. Całkowita zawartość flawonoidów wynosi 5,52 mg/g w ekstrakcie wodnym i 6,70 mg/g w ekstrakcie alkoholowym (10).

Najważniejszą grupę, z punktu widzenia aktywności *A. linearis*, stanowią dihydrochalkony. W roślinie tej są obecne dwa *C*-glikozydy dihydrochalkonu: aspalatyna (3'-*C*-β-*D*-glukopiranozyd 2',3,4,4',6'-pentahydroksydihydrochalkonu) – występująca wyłącznie w *A. linearis* i notofagina (3'-*C*-β-*D*-glukopiranozyd 2',4,4',6'-tetrahydroksydihydrochalkonu) – znaleziona tylko w *Nothofagus fusca*, *Schoepfia chinensis* i *A. linearis*, a także aspalalinina – *C*-glukozyd cyklicznego dihydrochalkonu (ryc. 1) (13-18).

Najlichnieszą grupę flawonoidów stanowią flawony: luteolina i chryzeoriol oraz *C*-glikozydy flawonowe: pochodne apigeniny (witekryna, izowitekryna i wicenina-2), chryzeoriolu (skoparyna) oraz luteoliny (orientyna, izorientyna, karlinozyd, jego izomer neokarlinozyd oraz izokarlinozyd) (ryc. 2). Ponadto obecne są *O*-glikozydy flawonowe, m.in. 7-*O*-glukozyd

luteoliny (cynarozyd) oraz 2''-*O*-β-arabinopiranozyd orientyny (13-20).

W *A. linearis* zidentyfikowano ponadto 7 flawonoli, poza 7-glukozydem patuletyny, także kwercetynę i jej 5 glikozydów: hiperozyd, izokwercytrynę, rutynę, 3-*O*-robinobiozyd oraz 3-*O*-arabinoglukozyd kwercetyny (13-16, 18).

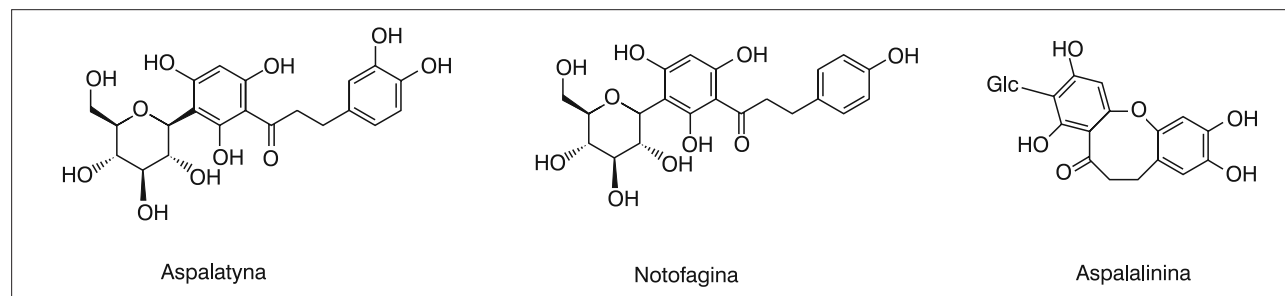
Z grupy flawanonów w *A. linearis* wykryto 4 pochodne eriodykjolu: (S)- i (R)-6-*C*-*D*-glukopiranozyd oraz (S)- i (R)-8-*C*-*D*-glukopiranozyd eriodykjolu, czyli enancjomery 2,3-dihydroizorientyny i 2,3-dihydroorientyny (ryc. 3). Związki te powstają wskutek fotochemicznej konwersji aspalatyny na diastereoizomeryczną mieszaninę flawanonów podczas fermentacji rośliny. W wyciągu z aspalatu wykryto także 5,3'-*di-O*-glukozyd eriodykjolu oraz 5-glukozyd naryngeniny (hemiflorynę) (10, 13, 15, 16, 20, 21).

W *A. linearis* obecne są liczne kwasy fenolowe pochodne kwasu benzoowego: galusowy, protokatechowy, α-rezorcylowy, gentyzynowy, *p*-hydroksybenzoowy, wanilinowy, syringowy i salicylowy oraz pochodne kwasu hydroksycynamonowego: kawowy, *p*-kumarowy, ferulowy, synapinowy, chlorogenowy i 3,4,5-trihydroksycynamonowy (15, 20).

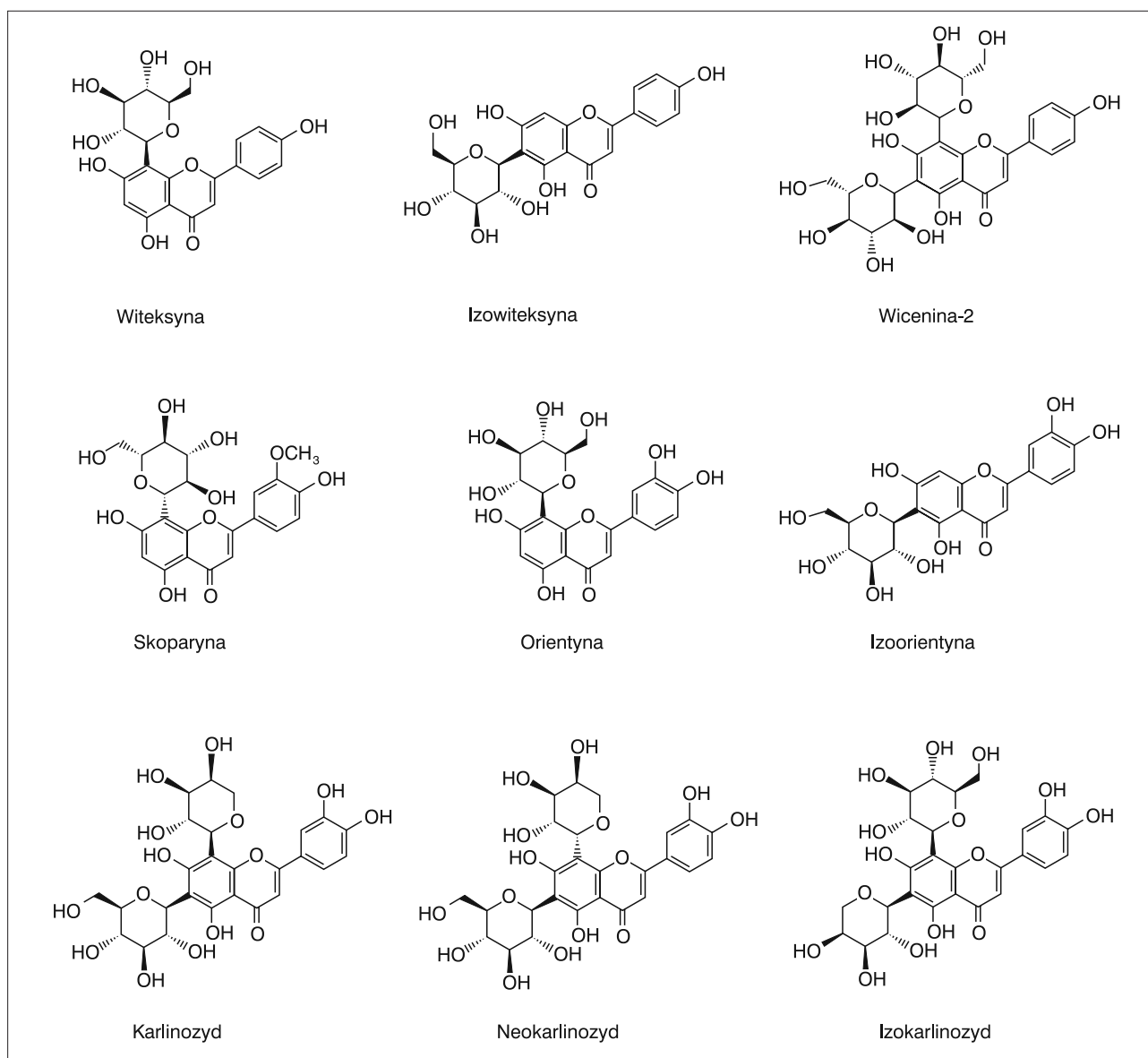
Z grupy fenyloetanoidów wykryto tyrozol (*p*-hydroksyfenyloetanol) i glikol 3-metoksy-4-hydroksyfenylowy (16, 20). Przedstawicielem fenylopropanoidów jest 2-*O*-glukozyd kwasu fenylopirogronowego (PPAG) odpowiedzialny za właściwości przeciwcukrzycowe (14) oraz syringina (16) i saflomina A, będąca *C*-glukozydową pochodną kwasu cynamonowego (13).

Aspalathus linearis wyróżnia się niską, w porównaniu do czarnej herbaty, zawartością garbników. Zidentyfikowano jedynie (+)-katechinę występującą w bardzo małym stężeniu (15, 20) oraz oligomeryczne flawan-3-ole: procyjanidynę B₃ i bis-fisetinidol (4,6:4,8)-katechiny (20, 22).

Badanie metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas pozwoliło na wykrycie ponad



Ryc. 1. Dihydrochalkony obecne w *A. linearis* (13)



Ryc. 2. Niektóre flawony obecne w *A. linearis* (13)

200 różnych związków lotnych odpowiedzialnych za aromat surowca, należących przede wszystkim do laktonów oraz aldehydów, alkoholi, ketonów, estrów, eterów, węglowodorów i kwasów. Zidentyfikowano m.in. gwajakol (24,0%) oraz dihydroaktyndiolid, β -jonon, 5,6-epoksyjonon, octan geraniolu, benzaldehyd, kwas kapronowy i β -damascenon (23, 24).

Spośród wielu związków mineralnych w najwyższym stężeniu są obecne: potas, sód, magnez i wapń, odpowiednio 4083, 2467, 2360 i 2130 $\mu\text{g/g}$ liści, a następnie fosfor, glin, żelazo i mangan oraz niewielkie ilości miedzi, boru, cynku i fluoru (2, 20).

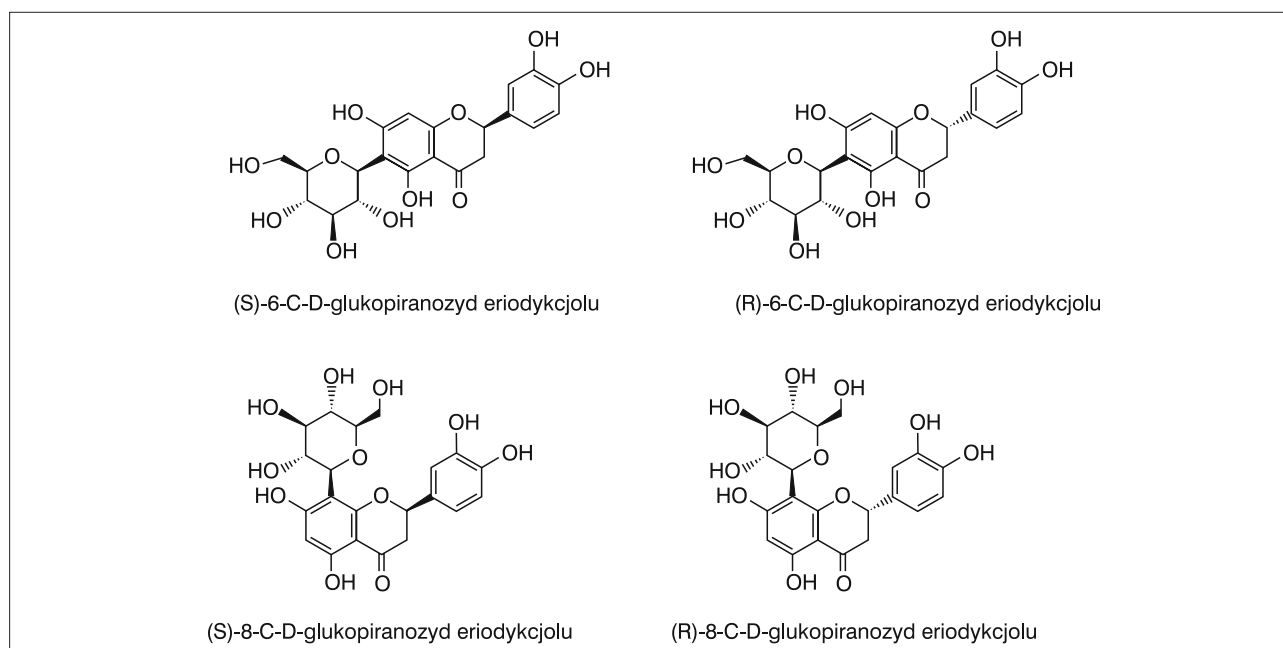
Ponadto w *A. linearis* potwierdzono obecność dwóch kumaryn eskuliny i eskuletyny (15, 16), lignanów: sekoizolarycyrezynolu, jego *O*-glikozydu

i wladinolu F (16); zidentyfikowano też (+)-pinitol i nukleozyd urydyny (21) oraz 6-*C*-glukozyd 5,7-dihydroksychromonu, który jest prekursorem flawonoidów (13).

Jedną z najczęściej podkreślanych zalet herbaty Rooibos jest brak kofeiny i innych alkaloidów, poza śladowymi ilościami sparteiny (9, 25).

Działanie farmakologiczne

Najwcześniejsze publikacje na temat herbaty Rooibos skupiają się na jej walorach jako napoju, natomiast badania właściwości biologicznych rozpoczęto dopiero w drugiej połowie XX wieku i cały czas są one kontynuowane. Wyniki prac *in vitro* i *in vivo* oraz nielicznych badań klinicznych pozwalają na

Ryc. 3. Flawanony obecne w *A. linearis* (13)

stwierdzenie, że aspalat prosty ma wielokierunkowe działanie lecznicze (9, 20).

Aktywność przeciwutleniająca

Zmiatanie wolnych rodników jest jednym z najlepiej udokumentowanych działań *A. linearis*, w szczególności dla występującej wyłącznie w tej roślinie aspalatyny (9, 18, 20, 26-28).

Pierwsze badania aktywności przeciwutleniającej naparów z *A. linearis* prowadzono z wykorzystaniem wolnego rodnika DPPH w porównaniu z działaniem naparów z herbaty zielonej, czarnej i oolong. Napary z niefermentowanego Rooibos wykazały wyższą aktywność od fermentowanego, ale niższą niż zielona herbata (27). W teście Rancimat aktywność naparów z Rooibos była wyższa, jeśli czas parzenia został wydłużony do 30 min (29).

W kolejnych testach z wykorzystaniem rodnika nadtlenkowego oraz DPPH oceniono aktywność przeciwutleniającą herbaty Rooibos na różnych etapach jej produkcji. Udowodniono, że największy spadek aktywności następuje podczas fermentacji, a przesiewanie, suszenie na słońcu czy pasteryzacja w mniejszym stopniu wpływają na działanie przeciwwolnorodnikowe. Potwierdzono też wyższą aktywność surowca niefermentowanego (30).

W badaniu neutralizowania nadtlenku wodoru z wykorzystaniem kwasu homowanilinowego jako wskaźnika, działanie przeciwutleniające naparu z *A. linearis* wyrażone w równoważnikach troloksu było o połowę niższe niż zielonej i czarnej herbaty, a także

niższe od popularnych herbat z dodatkiem mięty (31). W metodzie z wykorzystaniem rodnika ABTS, stwierdzono, że istnieje duża korelacja ($R^2 = 0,81$) między zawartością aspalatyny w komercyjnej zielonej herbacie Rooibos a aktywnością przeciwutleniającą. Wykazano również, że aktywność przeciwutleniająca herbaty z niefermentowanego surowca była 2-2,8 raza wyższa niż fermentowanego (32, 33).

W licznych pracach potwierdzono, że za działanie przeciwutleniające odpowiedzialne są głównie flawonoidy. Badania metodą z rodnikiem DPPH wykazały, że aspalatyna, kwercetyna, izokwercytryna, rutyna i kwas kawowy zmiatały wolne rodniki silniej niż α -tokoferol, BHA i BHT. Z kolei w porównaniu z β -karotenem, tylko luteolina i kwercetyna, spośród polifenoli aspalatu, wykazywały wyższą aktywność niż wymienione substancje porównawcze (28).

W innych badaniach siła zmiatania rodnika DPPH przez flawonoidy wyizolowane z herbaty Rooibos zmniejszała się w następującej kolejności: kwercetyna > orientyna > luteolina > aspalatyna > izokwercytryna > izoorientyna > rutyna > witeksyna > chryzoeriol. Troloks, stosowany jako substancja porównawcza, miał aktywność niższą od rutyny. Natomiast aktywność przeciwutleniająca badanych związków wobec rodnika nadtlenkowego ($O_2^{\cdot-}$) były zbliżone do porównywanej w tym teście (-)-epikatechiny, jedynie kwercetyna i aspalatyna działały o ok. 10% silniej niż substancja porównawcza (34).

Przeciwutleniające właściwości aspalatyny i nofaginy oraz glikozydów flawonoidowych badano

także za pomocą rodnika ABTS oraz testów oceniających peroksydację lipidów w komórkach mikrosmalnych wątroby szczurów. Najsilniejsze właściwości przeciwrodnikowe wykazywały aspalatyna i kwercetyna (ich wartości IC_{50} były zbliżone do IC_{50} EGCG – wzorcowego przeciwutleniacza), następnie notofagina, najslabiej działały izowitekryna i witekryna. Kwercetyna okazała się najbardziej skutecznym inhibitorem peroksydacji lipidowej (podobnie jak EGCG), aspalatyna o połowę słabszym, natomiast notofagina i pozostałe flawonoidy były prawie nieskuteczne (35).

W nowszych badaniach Joubert i De Beer (36) sprawdzano przydatność suchych wyciągów z herbaty Rooibos, które dzięki właściwościom przeciwutleniającym mogłyby być dodawane do żywności. Porównywano różnice w zawartości sumy polifenoli, aspalatyny, orientyny i izoorientyny oraz aktywności przeciwutleniającej (TAC) ekstraktów wodnych z Rooibos z suchą pozostałością po odparowaniu wody z filiżanki zaparzonej herbaty. Całkowita zawartość polifenoli i aspalatyny w ekstraktach wodnych z czerwonoekrzewu i suchych naparach były równoważne, natomiast ilości izoorientyny i orientyny w suchym naparze były nieznacznie wyższe niż w ekstraktach płynnych.

Wyniki aktywności przeciwutleniającej, mierzone testem ORAC, wskazują na wysoką siłę działania aspalatyny i notofaginy (ORAC wynosił odpowiednio 0,06 i 0,04, a wzorcowej kwercetyny 0,11). Aktywność przeciwutleniająca tych dihydrochalkonów najprawdopodobniej jest związana z obecnością w ich cząsteczkach grup OH przy C2' i C6' (37). Prowadzone były również badania wykorzystujące fingerprinty analiz HPLC naparów z *A. linearis*, mające na celu modelowanie aktywności przeciwutleniającej ekstraktów i identyfikowanie potencjalnych markerów przeciwutleniających. Takie badania mogą być przydatne w laboratoriach sprawdzających jakość produkowanych herbat Rooibos (38).

Wysoki poziom stresu oksydacyjnego może powodować gromadzenie się uszkodzeń oksydacyjnych prowadzących do wielu chorób neurodegeneracyjnych.

Wykazano, że napary z *A. linearis* wykazały nie tylko dużą zdolność zmiatania rodników tlenowych w wątrobie szczurów, którym przez 10 tygodni podawano napary z zielonej lub fermentowanej herbaty Rooibos, ale też powodowały znaczące zwiększenie stosunku formy zredukowanej do utlenionej glutationu (GSH/GSSG). Ponadto wzmocnieniu uległa działalność enzymów II fazy: prawie o 100% cytozolowej S-transferazy glutationowej alfa (GST- α) i o 50% mikrosomalnej UDP-glukuronylotransferazy (UDP-GT) (39).

Wpływ *A. linearis* na potencjał przeciwutleniający wątroby i stres oksydacyjny analizowano w modelu z uszkodzeniem wątroby szczurów czterochlorkiem węgla (CCl_4). Herbata Rooibos powodowała przywrócenie w wątrobie stężenia koenzymu Q9 i α -tokoferolu oraz hamowała tworzenie się MDA (dialdehydu malonowego), będącego wskaźnikiem peroksydacji lipidów (40).

Udowodniono też, że długotrwałe podawanie szczurom herbaty Rooibos w stężeniach powszechnie stosowanych jako napój chroni je przed uszkodzeniem wątroby powodowanym CCl_4 . Działanie hepatoprotective polegało na cofaniu się stłuszczenia i marskości wątroby szczurów, ze znaczącym zahamowaniem wzrostu stężenia MDA, triglicerydów i cholesterolu, hamowaniu wzrostu stężenia aminotransferaz (ALAT, AspAT), fosfatazy alkalicznej i bilirubiny w osoczu krwi (41).

Herbata Rooibos zapobiega powikłaniom cukrzycy (42). Stwierdzono też, że pod wpływem herbaty Rooibos zmniejszał się poziom metabolitów kwasu 5-hydroksyindolooctowego (produktu rozpadu serotoniny), utlenionych lipidów i wolnych kwasów tłuszczowych oraz poziom degradacji protein, natomiast następowało podwyższenie poziomu glutationu, a także regulacja jego metabolizmu (stosunku GSH/GSSG) oraz aktywności dysmutazy nadtlenkowej i katalazy. Rooibos wpłynął również na zahamowanie związanej ze stresem psychologicznym utraty masy ciała (43).

Wodny ekstrakt z *A. linearis* łagodził także uszkodzenia komórek wątroby szczurów wywołane podaniem im lipopolisacharydu (LPS). Działanie takie wynikało z obecności w wyciągu substancji przeciwutleniających, które zmniejszały stres oksydacyjny, hamowały peroksydację lipidów oraz tworzenie prozapalnych cytokin TNF- α i IL-6 (44).

Działanie przeciwzapalne

W badaniu na szczurach poddanych działaniu środka wywołującego stan zapalny jelit wykazano, że w wyniku przyjmowania naparu z herbaty Rooibos poziom dysmutazy nadtlenkowej oraz hemoglobiny osiągnął wyższe wartości w porównaniu do grupy kontrolnej, a wskaźnik uszkodzenia materiału genetycznego uległ obniżeniu, natomiast nie było różnicy w objawach klinicznych i poziomie żelaza (45). Sprawdzone też pod kątem działania przeciwzapalnego aspalatynę i notofaginę. Oba dihydrochalkony, w badaniach *in vitro* na ludzkich komórkach śródbłonna naczyń żylnych pępowiny oraz w badaniach *in vivo* na myszach poddanych działaniu LPS, hamowały wywołaną przez LPS zwiększoną przepuszczalność naczyń, migrację neutrofilii oraz

ich adhezję do komórek śródbłonka, a także wytwarzanie mediatorów stanu zapalnego (TNF- α , IL-6). Przyczyniły się też do zmniejszenia stresu oksydacyjnego oraz śmiertelności myszy z powodu endotoksemii wywołanej LPS. Aspalatyna wykazywała wyższą skuteczność niż notofagina (46, 47). Wodny wyciąg z *A. linearis* także hamował tworzenie prozapalnych cytokin TNF- α i IL-6 w uszkodzonych przez LPS komórkach wątroby szczurów (44).

Działanie przeciwbakteryjne

Ekstrakty wodne z Rooibos w dużych stężeniach wykazały silne działanie hamujące wzrost bakterii (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus mutans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Micrococcus luteus*), przy czym skuteczniejsze okazały się napary z fermentowanej niż z zielonej herbaty Rooibos (37, 48). Udowodniono również znaczące działanie przeciwbakteryjne naparów z *A. linearis* w stosunku do szczepów *Helicobacter pylori* (49).

Działanie przeciwcukrzycowe

Wyciąg z *A. linearis* oraz jego główne składniki wykazują działanie hipoglikemiczne, jak również łagodzą powikłania cukrzycowe.

W badaniach *in vitro* wykazano, że napary z herbaty Rooibos łagodzą oporność insulinową wywołaną palmitynianem w mysich komórkach mięśni szkieletowych linii C2C12. Zarówno ekstrakt z fermentowanej (FRE), jak i niefermentowanej Rooibos (GRE) zwiększały aktywację kluczowych białek regulatorowych (AKT i AMPK) odpowiedzialnych za przyswajanie glukozy i poziom białka transportującego glukozę GLUT4, przywracając poziom porównywalny z próbą kontrolną (50).

W kolejnym badaniu potwierdzono wyniki uzyskane dla GRE, a dodatkowo stwierdzono, że ekstrakt powstrzymuje wzrost poziomu wolnych rodników generowanych przez produkty zaawansowanej glikacji, będące przyczyną powikłań cukrzycowych (51). Udokumentowano też wpływ aspalatyny na zmiatanie wolnych rodników wytworzonych przez produkty zaawansowanej glikacji, obniżenie na czczo poziomu glukozy we krwi, polepszenie tolerancji glukozy i zredukowanie ekspresji genów enzymów wątrobowych związanych z produkcją glukozy i lipogenezą, a także udowodniono, że aspalatyna jest inhibitorem α -glukozydazy (52-54).

Herbata Rooibos może zapobiegać powikłaniom cukrzycy. Na to działanie wskazują wyniki badań na szczurach z cukrzycą doświadczalną, u których po podaniu naparów z Rooibos, obserwowano znaczne

obniżenie stężenia AGE (końcowych produktów glikacji) oraz MDA w osoczu krwi i w różnych tkankach, a w szczególności stężenia MDA w soczewce oka, natomiast nie zauważono wpływu naparów na markery cukrzycowe (stężenie glukozy, hemoglobiny glikowanej i fruktozaminy) (42).

Kolejne badania na szczurach z cukrzycą wywołaną streptozotocyną potwierdziły, że napary z herbaty Rooibos hamują procesy powstające na skutek zwiększonego stresu oksydacyjnego występującego w cukrzycy. Przeciwdziałanie powikłaniom cukrzycy wynika z aktywności antyoksydacyjnej *A. linearis* (55).

Zapobieganie powikłaniom cukrzycy, zwłaszcza stanom zapalnym naczyń krwionośnych, przez aspalatynę i notofaginę, udowodniono w badaniach *in vitro* na ludzkich komórkach śródbłonka naczyń żylnych oraz w warunkach *in vivo*, kiedy związki te podawano dożylnie myszom. Wyniki badań wskazują, że oba chalkony hamują nadmierną przepuszczalność naczyń, adhezję monocytów i wytwarzanie wolnych rodników wywołane przez wysoki poziom glukozy w komórkach śródbłonka naczyń żylnych (46, 47). Innym składnikiem omawianej rośliny o działaniu hipoglikemicznym jest 2-O-glukozyd kwasu fenylopirogronowego (PPAG), który wpływa na obniżenie poziomu glukozy i zwiększa tolerancję glukozy u szczurów z nadwagą wywołaną cukrzycą (56).

Redukowanie nadwagi

Herbata z czerwonokrzewu często jest składnikiem diet odchudzających, ponieważ wpływa na gospodarkę lipidową. Działanie to wykazano w badaniu na mysich adipocytach 3T3-L1, które poddano działaniu naparu z fermentowanego Rooibos; zaobserwowano zmniejszenie wewnątrzkomórkowej kumulacji lipidów o 22% oraz obniżone wydzielanie leptyny (57). Stwierdzono też, że u myszy z nadwagą, karmionych wysokotłuszczową dietą, ekstrakt wodny z fermentowanego Rooibos znacznie hamował stłuszczenie wątroby oraz redukował poziom cholesterolu, trójglicerydów i wolnych kwasów tłuszczowych (58).

Działanie antymutagenne

Wykazano, że napary oraz pojedyncze flawonoidy z *A. linearis* zapobiegają mutagenezie. W badaniach przeprowadzonych w warunkach *in vitro*, z wykorzystaniem szczepu *Salmonella typhimurium*, mutagenezę u szczurów wywoływało AAF (2-acetyloaminofluorenem) i aflatoksyną B₁. Napary z niefermentowanych liści Rooibos były skuteczniejsze niż z liści fermentowanych, a spośród badanych flawonoidów luteolina i chryzoeriol wykazywały silniejsze działanie antymutagenne niż aspalatyna (30, 59-61). Herbata Rooibos wykazała także

silne działanie hamujące genotoksyczność wywołowaną AAF i PhIP (2-amino-1-metylo-6-fenylimidazo[4,5-b]pirydyny) w liniach komórkowych ssaków: fibroblastów płuc chomika i genetycznie modyfikowanych komórkach szczurów V79-rCYP1A2-rSULT1C1 (62). Z kolei w badaniach *in vivo* obserwowano zmniejszanie rozmiarów i opóźnienie czasu pojawiania się guza na skórze myszy, którym miejscowo aplikowano ekstrakty z herbaty Rooibos przed zastosowaniem substancji nowotworowej (TPA – 12-mirystynian-13-octan forbolu) (63).

Wpływ na gospodarkę hormonalną

Przeprowadzone w warunkach *in vitro* badania potwierdziły, że zarówno ekstrakt z herbaty Rooibos, jak i jego składniki: aspalatyna, notofagina, orientyna, witeksyna i rutyna hamowały aktywność CYP17A1 i CYP21 – enzymów kluczowych dla wytwarzania hormonów steroidowych przez nadnercza. Hamowanie aktywności enzymów następowało zarówno w warunkach fizjologicznych, jak i po podaniu forskoliny (substancji wpływającej na aktywność hormonalną tkanek) (64). Badania wpływu ekstraktu z *A. linearis* na biosyntezę i inaktywację glukokortykosteroidów rozszerzono i uzupełniono o testy *in vivo* na szczurach. Podawanie herbaty Rooibos zwierzętom doświadczalnym zaowocowało obniżeniem poziomu kortykosteronu, deoksykortykosteronu oraz stosunku kortykosteronu do testosteronu (65). Podobne rezultaty uzyskano w badaniach z udziałem ochotników (kobiet i mężczyzn) (66).

Wyniki następnych badań wskazują na aktywność estrogenową składników ekstraktu z herbaty Rooibos. Największą aktywność (porównywalną z wzorcową genisteiną) wykazywała notofagina, nieznacznie słabsze cynarozyd i izowiteksyna, a następnie luteolina i aspalatyna (16).

Działanie kardiochronne

W badaniu *in vivo* na szczurach wykazano, że napar z Rooibos chroni serce przed uszkodzeniem podczas reperfuzji i w wyniku niedokrwienia. Wydajność pracy aorty po reperfuzji była większa dla serc pobranych od szczurów otrzymujących ekstrakt, zarówno z fermentowanego, jak i zielonego surowca (67). Ekstrakt ochraniał także kardiomiocyty przed uszkodzeniem spowodowanym sztucznie wywołanym stresem oksydacyjnym i niedokrwieniem (68).

Badania kliniczne

W piśmiennictwie można spotkać również badania prowadzone na ochotnikach, zarówno zdrowych, jak i z chorobami, których leczenie można wspomagać naparami z herbaty Rooibos.

Potwierdzeniem, że herbata Rooibos jest użytecznym źródłem uzupełniającym dietę w przeciwutleniacze, były wyniki badań prowadzonych z udziałem 15 zdrowych, niepalących i niezajmujących leków ochotników. Uczestnikom badania podawano 500 ml fermentowanej, niefermentowanej herbaty Rooibos lub wody, a następnie po 0,5, 1, 2 i 5 godzinach od spożycia pobierano krew żylną do sprawdzenia potencjału przeciwutleniającego. Wykazano, że napar zarówno z fermentowanego, jak i niefermentowanego surowca zwiększa potencjał przeciwutleniający w surowicy, silniej z zielonego Rooibos, co jest związane ze stratami aspalatyny i notofaginy w wyniku fermentacji (69).

Dwudziestu zdrowych ochotników (10 mężczyzn i 10 kobiet) w wieku 20-31 lat wzięło udział w badaniu wpływu naparów z *A. linearis* na układ krążenia. Ochotnikom badano: ciśnienie tętnicze krwi, tętno i pobierano próbki krwi do analizy aktywności ACE (konwertazy angiotensyny) i stężenia tlenu azotu (NO) przed, a także 30 i 60 min oraz 3 godz. po wypiciu 400 ml zielonej herbaty Rooibos. Badania nie wykazały zasadniczej zmiany w ciśnieniu tętniczym krwi oraz stężeniu NO, natomiast po 30 i 60 min od podania herbaty Rooibos zaobserwowano znaczące hamowanie aktywności ACE. Mechanizm działania jest podobny jak dla enalaprylu (silnego inhibitora ACE) oraz zielonej herbaty, a siła działania hamującego ACE jest następująca: enalapryl > zielona herbata > Rooibos (70, 71).

W wyniku badań z udziałem 40 wolontariuszy (kobiet i mężczyzn), w tym osób z wysokim ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych, którym przez 6 tygodni podawano po 6 filiżanek herbaty Rooibos dziennie, stwierdzono, że u ochotników wzrosła suma polifenoli w surowicy krwi, następował spadek poziomu wskaźników peroksydacji lipidów, LDL i TG z jednoczesnym wzrostem poziomu HDL oraz glutationu w porównaniu do grupy kontrolnej (72). W podobnej grupie 40 dorosłych pacjentów (24 kobiet i 16 mężczyzn w wieku od 30 do 60 lat), u których stwierdzono ryzyko rozwoju choroby niedokrwiennej serca, tj. hipercholesterolemię, nadciśnienie lub zwiększone BMI, oceniano stężenie związanego z zaburzeniami metabolicznymi kortyzolu. Spożywanie herbaty Rooibos przez 6 tygodni po 6 filiżanek dziennie znacząco zwiększyło poziom kortyzonu u mężczyzn, ponadto zmniejszyło stosunek kortyzolu do kortyzonu u osób obydwu płci. Potwierdza to działanie herbaty Rooibos, jako środka wspomagającego terapię chorób metabolicznych (66).

W następnym badaniu, prowadzonym przez 16 tygodni, uczestniczyło 150 afrykańskich dzieci (94 chłopców i 56 dziewcząt) w wieku 6-15 lat z wiejskiej szkoły

podstawowej. 72 dzieciom podawano herbatę czarną, a 78 herbatę Rooibos w ilości 400 ml dziennie, płyny te włączono w schemat żywienia w szkole. Obserwowano wzrost poziomu hemoglobiny i żelaza we krwi u dzieci pijących herbatę Rooibos, szczególnie u dzieci o niskich wartościach tych wskaźników na początku badania (73).

Inne kierunki działania

Udowodniono także wpływ herbaty Rooibos na układ immunologiczny, hamowanie skurczów mięśni gładkich przewodu pokarmowego. Składniki Rooibos wpływają również na mineralizację osteoblastów (luteolina i orientyna) czy rozszerzanie oskrzeli (chryzoeriol). Ponadto, napary z *A. linearis* były skuteczne w chorobach dermatologicznych: opryszczce, łuszczycy, trądziku. Stosowane zewnętrznie, jako składniki kosmetyków, powodują redukcję zmarszczek oraz pobudzają wzrost włosów (9, 20, 26, 41, 74-79).

Zalety herbaty z *A. linearis*

1. Podstawową zaletą herbaty Rooibos jest brak kofeiny, dlatego można ją podawać przed snem.
2. Jest korzystna dla dzieci i młodzieży z powodu dużej zawartości żelaza, wapnia, cynku i magnezu oraz fluoru wzmacniającego zęby i kości.
3. Brak kofeiny, duża zawartość żelaza i sugerowane przez niektórych autorów działanie przeciwwymiotne powodują, że jest także zalecana kobietom w ciąży.
4. Niska zawartość garbników sprawia, że nie wywołuje zaparcia, nie hamuje wchłaniania żelaza i nie powoduje nadkwaśności.
5. Dzięki wysokiej zawartości przeciwutleniaczy przeciwdziała chorobom metabolicznym.
6. Właściwości przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i przeciwutleniające ekstraktów z *A. linearis* uzasadniają wykorzystywanie ich w dermatologii i kosmetyce (2, 9, 20, 25, 26, 80).

Interakcje z lekami

Wyniki badań wskazują, iż herbata Rooibos może wchodzić w interakcje z lekami metabolizowanymi przez cytochrom P450 (CYP 3A) – jeden z najważniejszych enzymów metabolizujących leki w wątrobie. Badania prowadzono na szczurach, którym przez 2 tygodnie podawano napar z herbaty Rooibos, po tym czasie doustnie dostawały Midazolam. Wartości AUC i C_{max} leku w surowicy krwi zwierząt otrzymujących Rooibos zostały zredukowane o ponad 60% w porównaniu do próby kontrolnej (81).

Udowodniono też, że podawanie wyciągów z Rooibos łącznie z antybiotykami (ciprofloksacyną,

erytromycyną, gentamycyną, penicyliną G, tetracykliną, amfoterycyną B i nystatyną) może wpływać na siłę działania antybakteryjnego oraz toksyczność antybiotyku. W badaniach siły działania odnotowano 19,64% oddziaływań synergistycznych, 19,64% addytywnych i 7,14% antagonistycznych, w pozostałych próbach nie zauważono różnic. Efekt zwiększenia toksyczności obserwowano jedynie w połączeniu z nystatyną. Wyniki badań wskazują więc, że herbata Rooibos może być przyjmowana w połączeniu z większością antybiotyków, z wyjątkiem nystatyny (82). Przeciwwskazania do stosowania herbaty Rooibos nie są znane.

Podsumowanie

Podsumowując przedstawione badania *Aspalathus linearis*, należy zwrócić uwagę na bogaty i unikalny, zwłaszcza w stosunku do związków flawonoidowych, skład chemiczny tej południowoamerykańskiej rośliny. Wielokierunkowe działanie lecznicze czerwonoekstraktu zostało udowodnione w licznych badaniach *in vitro*, na modelach komórkowych i zwierzęcych, a nawet w badaniach na ochotnikach – osobach zdrowych lub z ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych.

Działanie herbaty Rooibos związane jest przede wszystkim z wysoką aktywnością przeciwutleniającą naparów oraz głównego dihydrochalkonu – aspalatyny. Z zebranego piśmiennictwa wynika, że napary z *A. linearis* działając przeciwutleniająco, mogą być przydatne w profilaktyce i leczeniu licznych chorób neurodegeneracyjnych, w tym chorób sercowo-naczyniowych, cukrzycy, nadwagi, uszkodzeń wątroby, a nawet nowotworów. Działają też przeciwzapalnie i przeciwbakteryjnie. Ważny kierunek wykorzystania herbaty Rooibos wynika z braku w niej kofeiny i garbników, dzięki czemu jest akceptowalną alternatywą dla herbaty, kawy czy nawet kakao. Z tego samego powodu poszerza się krąg osób mogących bezpiecznie ją stosować o kobiety ciężarne, dzieci, a nawet niemowlęta.

Obserwowane jest coraz szersze wykorzystywanie i przekształcanie herbaty Rooibos z codziennego napoju do liczącego się leku roślinnego, na co wskazują także testy konsumenckie.

Piśmiennictwo

1. Hawkins H-J, Malgas R, Biénabe E. Ecotypes of wild Rooibos (*Aspalathus linearis* (Burm. F.) Dahlg., *Fabaceae*) are ecologically distinct. *South Afr J Bot* 2011; 77(2):360-70.
2. Morton JF. Rooibos tea, *Aspalathus linearis*, a caffeineless, low-tannin beverage. *Econ Bot* 1983; 37(2):164-73.
3. ITIS – Integrated Taxonomic Information System; www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506239&.
4. Van Heerden FR, Van Wyk BE, Viljoen AM i wsp. Phenolic variation in wild populations of *Aspalathus linearis* (Rooibos tea). *Biochem Syst Ecol* 2003; 31(8):885-95.
5. Lötter D, Le Maitre D. Modelling the

- distribution of *Aspalathus linearis* (Rooibos tea): implications of climate change for livelihoods dependent on both cultivation and harvesting from the wild. *Ecol Evol* 2014; 4(8):1209-21. **6.** Van der Bank M, Van Wyk BE, Van der Bank FH. Biochemical genetic variation in four wild populations of *Aspalathus linearis* (Rooibos tea). *Biochem Syst Ecol* 1995; 23(3):257-62. **7.** Kotina EL, Stepanova AV, Tilney PM i wsp. The pharmacognostic value of leaf and stem anatomy in Rooibos tea (*Aspalathus linearis*). *South Afr J Bot* 2012; 82:129-33. **8.** Malgas RR, Potts AJ, Oetlér NM i wsp. Distribution, quantitative morphological variation and preliminary molecular analysis of different growth forms of wild Rooibos (*Aspalathus linearis*) in the northern Cederberg and on the Bokkeveld Plateau. *South Afr J Bot* 2010; 76(1):72-81. **9.** Joubert E, De Beer D. Rooibos (*Aspalathus linearis*) beyond the farm gate: From herbal tea to potential phytopharmaceutical. *South Afr J Bot* 2011; 77(4):869-86. **10.** Bramati L, Minoggio M, Gardana C i wsp. Quantitative characterization of flavonoid compounds in Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) by LC-UV/DAD. *J Agric Food Chem* 2002; 50:5513-9. **11.** Joubert E, Schultz H. Production and quality aspects of Rooibos tea and related products. A review. *J Appl Bot Food Qual* 2006; 80(2):138-44. **12.** Zitzlau J. Herbata Rooibos dla zdrowia i urody. Ludwig, PPK Astra, Poznań 2000: 80. **13.** Iswaldi I, Arráez-Román D, Rodríguez-Medina I i wsp. Identification of phenolic compounds in aqueous and ethanolic Rooibos extracts (*Aspalathus linearis*) by HPLC-ESI-MS (TOF/IT). *Anal Bioanal Chem* 2011; 400(10):3643-54. **14.** Beelders T, Kalili KM, Joubert E i wsp. Comprehensive two-dimensional liquid chromatographic analysis of Rooibos (*Aspalathus linearis*) phenolics: Liquid chromatography. *J Sep Sci* 2012; 35(14):1808-20. **15.** Krafczyk N, Glomb MA. Characterization of phenolic compounds in Rooibos tea. *J Agric Food Chem* 2008; 56(9):3368-76. **16.** Shimamura N, Miyase T, Umehara K i wsp. Phytoestrogens from *Aspalathus linearis*. *Biol Pharm Bull* 2006; 29(6):1271-4. **17.** De Beer D, Malherbe CJ, Beelders T i wsp. Isolation of aspalathin and nothofagin from Rooibos (*Aspalathus linearis*) using high-performance countercurrent chromatography: Sample loading and compound stability considerations. *J Chromatogr A* 2015; 1381:29-36. **18.** Stalmach A, Mullen W, Pecorari M i wsp. Bioavailability of C-linked dihydrochalcone and flavanone glucosides in humans following ingestion of unfermented and fermented Rooibos teas. *J Agric Food Chem* 2009; 57(15):7104-11. **19.** Cabooter D, Broeckhoven K, Kalili KM i wsp. Fast method development of Rooibos tea phenolics using a variable column length strategy. *J Chromatogr A* 2011; 1218(41):7347-57. **20.** Joubert E, Gelderblom WCA, Louw A i wsp. South African herbal teas: *Aspalathus linearis*, *Cyclopia* spp. and *Athrixia phylicoides* – a review. *J Ethnopharmacol* 2008; 119(3):376-412. **21.** Marais C, Janse van Rensburg W, Ferreira D i wsp. (S)- and (R)-Eriodictyol-6-C-β-d-glucopyranoside, novel keys to the fermentation of Rooibos (*Aspalathus linearis*). *Phytochem* 2000; 55:43-9. **22.** Ferreira D, Marais C, Steenkamp JA, Joubert E. Rooibos tea as a likely health food supplement. [In:] *Proceeding of Recent Development of Technologies on Fundamental Foods for Health*. Korean Society of Food, Science and Technology. Seoul, Korea 1995; 73-88. **23.** Kawakami M, Kobayashi A, Kator K. Volatile constituents of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) as affected by extraction process. *J Agric Food Chem* 1993; 41(4):633-6. **24.** Habu T, Flath RA, Mon TR i wsp. Volatile components of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*). *J Agric Food Chem* 1985; 33(2):249-54. **25.** Van Wyk BE, Verdoorn GH. Alkaloids of the genera *Aspalathus*, *Rafnia* and *Wiborgia* (*Fabaceae*, *Crotalariaeae*). *S Afr Tydskr Plantk* 1989; 55(5):520-2. **26.** McKay DL, Blumberg JB. A review of the bioactivity of South African herbal teas: Rooibos (*Aspalathus linearis*) and Honeybush (*Cyclopia intermedia*). *Phytother Res* 2007; 21:1-16. **27.** Von Gadow A, Joubert E, Hansmann CF. Comparison of the antioxidant activity of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea. *Food Chem* 1997; 60:73-7. **28.** Von Gadow A, Joubert E, Hansmann CF. Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*), alphatocopherol, BHT and BHA. *J Agric Food Chem* 1997; 45:632-8. **29.** Von Gadow A, Joubert E, Hansmann CF. Effect of extraction time and additional heating on the antioxidant activity of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) extracts. *J Agric Food Chem* 1997; 45:1370-4. **30.** Standley L, Winterton P, Marnewick JL i wsp. Influence of processing stages on antimutagenic and antioxidant potentials of Rooibos tea. *J Agric Food Chem* 2001; 49(1):114-7. **31.** Paździoch-Czochra M, Wideńska A. Spectrofluorimetric determination of hydrogen peroxide scavenging activity. *Anal Chim Acta* 2002; 452:177-84. **32.** Schulz H, Joubert E, Schütze W. Quantification of quality parameters for reliable evaluation of green Rooibos (*Aspalathus linearis*). *Eur Food Res Technol* 2003; 216:539-43. **33.** Bramati L, Aquilano F, Pietta P. Unfermented Rooibos tea: quantitative characterization of flavonoids by HPLC-UV and determination of the total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 2003; 51:7472-4. **34.** Joubert E, Winterton P, Britz TJ i wsp. Superoxide anion and alpha, alpha-diphenyl-beta-picrylhydrazyl radical scavenging capacity of Rooibos (*Aspalathus linearis*) aqueous extracts, crude phenolic fractions, tannin and flavonoids. *Food Res Intern* 2004; 37:133-8. **35.** Snijman PW, Joubert E, Ferreira D i wsp. Antioxidant activity of the dihydrochalcones aspalathin and nothofagin and their corresponding flavones in relation to other Rooibos (*Aspalathus linearis*) flavonoids, epigallocatechin gallate, and trolox. *J Agric Food Chem* 2009; 57:6678-84. **36.** Joubert E, De Beer D. Phenolic content and antioxidant activity of Rooibos food ingredient extracts. *J Food Compos Anal* 2012; 27:45-51. **37.** Simpson MJ, Hjelmqvist D, López-Alarcón C i wsp. Anti-peroxyl radical quality and antibacterial properties of Rooibos infusions and their pure glycosylated polyphenolic constituents. *Molecules* 2013; 18(9):11264-80. **38.** Orzel J, Daszykowski M, Kazura M i wsp. Modeling of the total antioxidant capacity of Rooibos (*Aspalathus linearis*) tea infusions from chromatographic fingerprints and identification of potential antioxidant markers. *J Chromatogr A* 2014; 1366:101-9. **39.** Marnewick JL, Joubert E, Swart P i wsp. Modulation of hepatic drug metabolizing enzymes and oxidative status by Rooibos (*Aspalathus linearis*) and Honeybush (*Cyclopia intermedia*), green and black (*Camellia sinensis*) Teas in Rats. *J Agric Food Chem* 2003; 51:8113-9. **40.** Kucharská J, Uličná O, Gvozdjaková A i wsp. Regeneration of coenzyme q9 redox state and inhibition of oxidative stress by Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) administration in carbon tetrachloride liver damage. *Physiol Res* 2004; 53:515-21. **41.** Uličná O, Greksak M, Vančová O i wsp. Hepatoprotective effect of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) on CCl₄-induced liver damage in rats. *Physiol Res* 2003; 52:461-6. **42.** Uličná O, Vančová O, Bošek P i wsp. Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*) Partially prevents oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rats. *Physiol Res* 2006; 55:157-64. **43.** Hong IS, Lee HY, Kim HP. Anti-oxidative effects of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) on immobilization-induced oxidative stress in rat brain. *Plos One* 2014; 9(1):e87061. **44.** Ajuwon OR, Oguntibeju OO, Marnewick JL. Amelioration of lipopolysaccharide-induced liver injury by aqueous Rooibos (*Aspalathus linearis*) extract via inhibition of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress. *BMC Complement Altern Med* 2014; 14:392. **45.** Baba H, Ohtsuka Y, Haruna H i wsp. Studies of anti-inflammatory effects of Rooibos tea in rats. *Pediatr Int* 2009; 51(5):700-4. **46.** Lee W, Bae JS. Anti-inflammatory effects of aspalathin and nothofagin from Rooibos (*Aspalathus linearis*) *in vitro* and *in vivo*. *Inflammation* 2015; 38(4):1502-16. **47.** Ku SK, Kwak S, Kim Y i wsp. Aspalathin and nothofagin from Rooibos (*Aspalathus linearis*) inhibits high glucose-induced inflammation *in vitro* and *in vivo*. *Inflammation* 2015; 38(1):445-55. **48.** Alm-

- ajano MP, Carbo R, Jiménez JAL i wsp. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chem* 2008; 108(1):55-63.
49. Boyanova L. Comparative evaluation of the activity of plant infusions against *Helicobacter pylori* strains by three methods. *World J Microb Biot* 2014; 30:1633-7.
50. Mazibuko SE, Muller CJ, Joubert E i wsp. Amelioration of palmitate-induced insulin resistance in C₂C₁₂ muscle cells by Rooibos (*Aspalathus linearis*). *Phytomed* 2013; 20(10):813-9.
51. Kamakura R, Son MJ, De Beer D i wsp. Antidiabetic effect of green Rooibos (*Aspalathus linearis*) extract in cultured cells and type 2 diabetic model KK-Ay mice. *Cytotechnol* 2015; 67:699-710.
52. Son MJ, Minakawa M, Miura Y i wsp. Aspalathin improves hyperglycemia and glucose intolerance in obese diabetic ob/ob mice. *Eur J Nutr* 2013; 52(6):1607-19.
53. Kawano A, Nakamura H, Hata S i wsp. Hypoglycemic effect of aspalathin, a Rooibos tea component from *Aspalathus linearis*, in type 2 diabetic model db/db mice. *Phytomed* 2009; 16(5):437-43.
54. Muller CJF, Joubert E, De Beer D i wsp. Acute assessment of an aspalathin-enriched green Rooibos (*Aspalathus linearis*) extract with hypoglycemic potential. *Phytomed* 2012; 20(1):32-9.
55. Ayeleso A, Brooks N, Oguntibeju O. Modulation of antioxidant status in streptozotocin-induced diabetic male wistar rats following intake of red palm oil and/or Rooibos. *Asian Pac J Trop Med* 2014; 7(7):536-44.
56. Muller CJF, Joubert E, Pfeiffer C i wsp. Z-2-(β-D-glucopyranosyloxy)-3-phenylpropanoic acid, an α-hydroxy acid from Rooibos (*Aspalathus linearis*) with hypoglycemic activity. *Mol Nutr Food Res* 2013; 57:2216-22.
57. Sanderson M, Mazibuko SE, Joubert E i wsp. Effects of fermented Rooibos (*Aspalathus linearis*) on adipocyte differentiation. *Phytomed* 2014; 21(2):109-17.
58. Beltrán-Debón R, Rull A, Rodríguez-Sanabria F i wsp. Continuous administration of polyphenols from aqueous Rooibos (*Aspalathus linearis*) extract ameliorates dietary-induced metabolic disturbances in hyperlipidemic mice. *Phytomed* 2011; 18(5): 414-24.
59. Marnewick J, Batenburg W, Swart P i wsp. *Ex vivo* modulation of chemical-induced mutagenesis by subcellular liver fractions of rats treated with Rooibos (*Aspalathus linearis*) tea, honeybush (*Cyclopia intermedia*) tea, as well as green and black (*Camellia sinensis*) teas. *Mutat Res* 2004; 558(1-2):145-54.
60. Van der Merwe JD, Joubert E, Richards ES i wsp. A comparative study on the antimutagenic properties of aqueous extracts of *Aspalathus linearis* (Rooibos), different *Cyclopia* spp. (honeybush) and *Camellia sinensis* teas. *Mutat Res* 2006; 611(1-2):42-53.
61. Snijman PW, Swanevelder S, Joubert E i wsp. The antimutagenic activity of the major flavonoids of Rooibos (*Aspalathus linearis*): Some dose-response effects on mutagen activation-flavonoid interactions. *Mutat Res* 2007; 631:111-23.
62. Edenharder R, Sager JW, Glatt H i wsp. Protection by beverages, fruits, vegetables, herbs, and flavonoids against genotoxicity of 2-acetylaminofluorene and 2-amino-1-methyl-6-phenyl-imidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in metabolically competent V79 cells. *Mutat Res* 2002; 521(1):57-72.
63. Marnewick J, Joubert E, Joseph S i wsp. Inhibition of tumour promotion in mouse skin by extracts of Rooibos (*Aspalathus linearis*) and honeybush (*Cyclopia intermedia*), unique South African herbal teas. *Cancer Lett* 2005; 224(2):193-202.
64. Schloms L, Storbeck KH, Swart P i wsp. The influence of *Aspalathus linearis* (Rooibos) and dihydrochalcones on adrenal steroidogenesis: Quantification of steroid intermediates and end products in H295R cells. *J Steroid Biochem* 2012; 128:128-38.
65. Schloms L, Swart A: Rooibos flavonoids inhibit the activity of key adrenal steroidogenic enzymes, modulating steroid hormone levels in H295R cells. *Molecules* 2014; 19(3):3681-95.
66. Schloms L, Smith C, Storbeck KH i wsp. Rooibos influences glucocorticoid levels and steroid ratios *in vivo* and *in vitro*: A natural approach in the management of stress and metabolic disorders? *Mol Nutr Food Res* 2014; 58(3):537-49.
67. Panti WG, Marnewick JL, Esterhuysen AJ i wsp. Rooibos (*Aspalathus linearis*) offers cardiac protection against ischaemia/reperfusion in the isolated perfused rat heart. *Phytomed* 2011; 18(14):1220-8.
68. Dladla PV, Muller CJF, Louw J i wsp. The cardioprotective effect of an aqueous extract of fermented Rooibos (*Aspalathus linearis*) on cultured cardiomyocytes derived from diabetic rats. *Phytomed* 2014; 21(5):595-601.
69. Villano D, Pecorari M, Testa MF i wsp. Unfermented and fermented Rooibos teas (*Aspalathus linearis*) increase plasma total antioxidant capacity in healthy humans. *Food Chem* 2010; 23:679-83.
70. Persson IAL, Persson K, Hägg S i wsp. Effects of green tea, black tea and Rooibos tea on angiotensin-converting enzyme and nitric oxide in healthy volunteers. *Public Health Nutr* 2010; 13(5):730-7.
71. Persson IAL: The pharmacological mechanism of angiotensin-converting enzyme inhibition by green tea, Rooibos and enalaprilat – a study on enzyme kinetics: mechanism of ace by tea and enalaprilat. *Phytother Res* 2012; 26(4):517-21.
72. Marnewick JL, Rautenbach F, Venter I i wsp. Effects of Rooibos (*Aspalathus linearis*) on oxidative stress and biochemical parameters in adults at risk for cardiovascular disease. *J Ethnopharmacol* 2011; 133(1):46-52.
73. Breet P, Kruger HS, Jerling JC i wsp. Actions of black tea and Rooibos on iron status of primary school children. *Nutr Res* 2005; 25:983-99.
74. Kunishiro K, Tai A, Yamamoto I. Effects of Rooibos tea extract on antigen-specific antibody production and cytokine generation *in vitro* and *in vivo*. *Biosci Biotech Biochem* 2001; 65(10):2137-45.
75. Khan A, Gilani AH. Selective bronchodilatory effect of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) and its flavonoid, chrysoeriol. *Eur J Nutr* 2006; 45(8):463-9.
76. Nash LA, Sullivan PJ, Peters SJ i wsp. Rooibos flavonoids, orientin and luteolin, stimulate mineralization in human osteoblasts through the Wnt pathway. *Mol Nutr Food Res* 2015; 59(3):443-53.
77. Ichiyama K, Tai A, Yamamoto I. Augmentation of antigen-specific antibody production and IL-10 generation with a fraction from Rooibos (*Aspalathus linearis*) tea. *Biosci Biotech Biochem* 2007; 71(2):598-602.
78. Gilani AH, Khan AU, Ghayur MN i wsp. Antispasmodic effects of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) is mediated predominantly through K⁺-channel activation. *Basic Clin Pharmacol* 2006; 99(5):365-73.
79. Kondo M, Hirano Y, Nishio M i wsp. Xanthine oxidase inhibitory activity and hypouricemic effect of aspalathin from unfermented Rooibos. *J Food Sci* 2013; 78(12):H1935-9.
80. Hesselting PB, Klopper JF, Van Heerden PDR. Die effek van Rooibostee op ysterabsorpsie. *S Afr Med J* 1979; 55(16):631-2.
81. Matsuda K, Nishimura Y, Kurata N i wsp. Effects of continuous ingestion of herbal teas on intestinal CYP3A in the rat. *J Pharmacol Sci* 2007; 103(2):214-21.
82. Hübsch Z, Van Vuuren SF, Van Zyl RL. Can Rooibos (*Aspalathus linearis*) tea have an effect on conventional antimicrobial therapies? *S Afr J Bot* 2014; 93:148-56.

Adres/address:

*dr n. farm. Anna Gawron-Gzella
Katedra i Zakład FarmakognozjiUniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego
w Poznaniu

ul. Święcickiego 4, 60-781 Poznań

tel.: +48 (61) 854-67-07

e-mail: aggzella@ump.edu.pl

Konflikt interesów**Conflict of interest**

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 17.10.2015

zaakceptowano/accepted: 20.01.2016