

# Resweratrol jako wielofunkcyjny związek bioaktywny

## *Resveratrol as a multifunctional bioactive compound*

### STRESZCZENIE

Resweratrol to naturalny polifenol występujący głównie w skórkach winogron, czerwonym winie, jagodach i orzeszkach ziemnych, wykazuje szerokie spektrum aktywności biologicznej, w tym właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, neuroprotektoryjne oraz kardioprotekcyjne.

Celem artykułu była analiza publikacji zawierających badania naukowe koncentrujące się na aktualnym stanie wiedzy dotyczącej mechanizmów molekularnych działania resweratrolu, jego biodostępności oraz potencjału w leczeniu chorób cywilizacyjnych, wspomaganie gojenia ran oraz ochronie skóry przed uszkodzeniami wywołanymi promieniowaniem ultrafioletowym. Ponadto omówiono rolę resweratrolu w terapii cukrzycy, chorób neurodegeneracyjnych oraz schorzeń układu sercowo-naczyniowego.

W świetle zgromadzonych danych, resweratrol wydaje się obiecującym składnikiem terapeutycznym i kosmetycznym o wielokierunkowym działaniu biologicznym. Aktualne ograniczenia w zastosowaniu klinicznym resweratrolu związane są głównie z jego niską biodostępnością.

**Słowa kluczowe:** resweratrol, antyoksydanty, gojenie ran, fotostarzenie, profilaktyka chorób cywilizacyjnych

### ABSTRACT

Resveratrol is a natural polyphenol found mainly in grape skins, red wine, berries and peanuts. It exhibits a wide range of biological activity, including antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer, neuroprotective and cardioprotective properties.

The article aimed to analyse scientific research focusing on the current state of knowledge on the molecular mechanisms of action of resveratrol, its bioavailability and potential in the treatment of lifestyle diseases, wound healing and skin protection against damage caused by ultraviolet radiation. In addition, the role of resveratrol in the treatment of diabetes, neurodegenerative diseases and cardiovascular diseases was discussed.

In light of the collected data, resveratrol appears to be a promising therapeutic and cosmetic ingredient with multidirectional biological activity. Current limitations in the clinical use of resveratrol are mainly related to its low bioavailability.

**Keywords:** resveratrol, antioxidants, wound healing, photoaging, prevention of civilization diseases

## WSTĘP

Resweratrol to związek chemiczny pochodzenia naturalnego o właściwościach antyoksydacyjnych, występujący głównie w winogronach i czerwonym winie. Wykazuje działanie ochronne przed stresem oksydacyjnym i negatywnymi skutkami promieniowania ultrafioletowego (UV, *ultraviolet radiation*). Odgrywa również istotną rolę w profilaktyce, a także terapii wielu chorób cywilizacyjnych. Jego potencjał obejmuje ochronę układu sercowo-naczyniowego, hamowanie procesów nowotworowych, wspieranie funkcji neurologicznych i działanie przeciwzapalne. Może również przyspieszać gojenie ran, wspierać leczenie infekcji skórnych i zapobiegać fotostarzeniu. Dzięki swoim właściwościom jest obiektem licznych badań nad zastosowaniem w medycynie jak również w kosmetologii.

Resweratrol (3,5,4'-trihydroksystilben) to związek chemiczny, który dobrze rozpuszcza się w etanolu, ale ma ograniczoną rozpuszczalność w wodzie. Jest antyoksydantem, chroni komórki przed stresem oksydacyjnym wywołanym nadtlenkiem wodoru, a także przed śmiercią komórek za pośrednictwem promieniowania UV. Występuje w dwóch formach izomerycznych: *cis* i *trans*, przy czym w warunkach naturalnych dominuje forma *trans*, wykazująca większą aktywność biologiczną niż izomer *cis*. Szczególnie bogatym źródłem resweratrolu są winogrona, zwłaszcza ich skórki, a także wino. Występuje w ponad 70 gatunkach roślin i jest obecny w naturalnych produktach spożywczych, takich jak orzeszki ziemne, skórka pomidora, sok z żurawiny czy kakao [1-3]. Wchłaniany jest w jelicie cienkim w około 70%, trafia do krwiobiegu i dociera do wątroby, gdzie podlega biotransformacji do glukuronianu przy udziale cytochromu P450 (CYP1B1) [4]. Resweratrol zaliczany jest do fitoestrogenów, ponieważ jego budowa chemiczna przypomina estrogen syntetyzowany w organizmach. Rośliny wytwarzają go w odpowiedzi na infekcje grzybicze lub silne czynniki stresowe, takie jak niedobór wody, uszkodzenie tkanek czy promieniowanie UV [5, 6]. Swoją sławę zawdzięcza francuskiemu paradoksowi, który przyczynił się do badań nad składem wina i winogron [7].

## RESWERATROL W CHOROBAH UKŁADU SERCOWO-NACZYNIOWEGO

Choroby układu sercowo-naczyniowego, takie jak miażdżyca, choroba wieńcowa czy zawał serca, należą do najczęściej występujących schorzeń. Miażdżyca jest przewlekłą chorobą zapalną tętnic i stanowi główną przyczynę około 50% wszystkich zgonów w społeczeństwach uprzemysłowionych [8]. W badaniu przeprowadzonym w Szwecji stwierdzono, że ponad 40% dorosłych w wieku 50-64 lat bez rozpoznanej choroby serca miało pewien stopień miażdżycy [9]. W Stanach Zjednoczonych choroba wieńcowa jest najczęstszym typem choroby serca i dotyczy około 5% dorosłych w wieku 20 lat i starszych. W 2022 roku choroba wieńcowa była przyczyną 371 506 zgo-

nów w USA [10]. Na świecie zawał serca dotyka około 3 milionów osób rocznie, z czego ponad milion zgonów przypada na Stany Zjednoczone [11]. W badaniu obejmującym osoby powyżej 60. roku życia globalna częstość występowania zawału serca wynosiła 9,5%, podczas gdy w grupie poniżej 60 lat było to 3,8% [12]. Jednym z czynników ww. chorób jest wysoki poziom cholesterolu. Resweratrol może zmniejszać ryzyko tych chorób m.in. poprzez hamowanie peroksydacji lipidów oraz ograniczanie wnikania utlenionych cząsteczek lipoprotein o niskiej gęstości LDL (*low density lipoproteins*) w ściany naczyń krwionośnych. Nowotwory stanowią jedną z najczęściej występujących grup chorób. Do najpowszechniejszych należą rak: skóry, płuc, piersi, jelita grubego, prostaty oraz szyjki macicy [13, 14]. Resweratrol odgrywa istotną rolę nie tylko w profilaktyce nowotworów, ale także w ich leczeniu. Badania wskazują, że może hamować każdy etap procesu nowotworzenia, w tym inicjację, promocję i progresję choroby. Badania *in vitro* wykazały, że resweratrol może zwiększać skuteczność chemioterapii poprzez inaktywację białka pełniącego rolę czynnika transkrypcyjnego (NF- $\kappa$ B, *Nuclear Factor kappa B*). NF- $\kappa$ B jest wytwarzany przez komórki nowotworowe i kontroluje ekspresję wielu genów, przyczyniając się do ich odporności na leczenie oraz niekontrolowanego namnażania. Blokując ten czynnik, resweratrol sprawia, że chemioterapeutyki działają skuteczniej w miejscu docelowym [13].

Resweratrol wpływa na układ nerwowy, wykazując działanie neuroprotektyjne. Badania dowodzą, że zmniejsza toksyczność  $\beta$ -amyloidu w komórkach hipokampu szczurów poprzez aktywację kinazy C. Dodatkowo stymuluje mechanizmy obronne przeciwko wolnym rodnikom, m.in. zwiększając poziom glutationu, co chroni komórki mikrogleju. Obecnie trwają badania nad jego potencjalnym zastosowaniem w terapii chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera, Parkinsona czy Huntingtona [15]. Ciekawe badania dowodzą potencjalnego wpływu resweratrolu w leczeniu depresji u kobiet w okresie menopauzalnym. Depresja okołomenopauzalna jest powszechnym zaburzeniem psychicznym u kobiet. Badania nad patogenezą depresji ujawniają, że dysregulacja układów metabolicznych, zmniejszona neurogeneza, stres oksydacyjny, a także reakcja zapalna doprowadziłyby do postępu depresji [16].

## RESWERATROL W GOJENIU RAN I LECZENIU STANÓW ZAPALNYCH

Resweratrol odgrywa istotną rolę w regulacji stanu zapalnego, co ma bezpośredni wpływ na procesy regeneracyjne skóry. Właściwości wspomagające gojenie ran wynikają przede wszystkim z oddziaływania na szlaki sygnalizacyjne w cytoplazmie i jądrze komórkowym, związane z receptorem naskórkowego czynnika wzrostu (EGFR, *epidermal growth factor receptor*). Nie jest to bezpośrednio związane z jego aktywnością przeciwutleniającą ani zdolnością do neutralizowania

wolnych rodników [17]. Badania *in vivo* przeprowadzone na modelu zwierzęcym wykazały, że resweratrol może ograniczać migrację komórek tucznych do miejsca uszkodzenia, jednocześnie stymulując napływ limfocytów i makrofagów. Przypuszcza się również, że związek ten może modulować odpowiedź immunologiczną, hamując reakcję zależną od antygeny (Th1) na korzyść odpowiedzi typu Th2. Co istotne, stopień infiltracji neutrofilów wydaje się zależeć od rodzaju patogenu [18]. Resweratrol wykazuje działanie przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze, a także wspiera układ odpornościowy w miejscu rany. Jedno z badań potwierdziło jego skuteczność przeciwko patogenom, takim jak *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Candida albicans*, które często komplikują proces gojenia się ran. Resweratrol okazał się skuteczniejszy niż niektóre popularne preparaty przeciwdrobnoustrojowe, np. maść Levomecol czy przeciwgrzybiczy Clotrimazol [19]. *Staphylococcus aureus* kolonizuje nadmiernie skórę w atopowym zapaleniu skóry, podczas zaostrzeń, zwłaszcza powodując dysbiozę mikrobioty skórnej i zmniejszenie różnorodności bakterii. Zmiany w mikrobiomie przekładają się na zawartość lipidów, pH, nawilżenie i wydzielanie sebum. W tym celu stosuje się leczenie mające zmniejszyć kolonizację gronkowca [20]. W tym kontekście resweratrol wykazuje potencjał jako środek wspomagający leczenie infekcji skórnych. Badania *in vitro* potwierdzają, że hamuje wzrost drobnoustrojów w sposób zależny od dawki [19].

Resweratrol może także wspomagać leczenie owrzodzeń cukrzycowych. Działa ochronnie na śródbłonek, zapobiegając jego uszkodzeniom spowodowanym wysokim poziomem cukru we krwi. Aktywuje sirtuinę 1 – białko z rodziny sirtuin pełniące ważną rolę w regulacji wielu procesów biologicznych (SIRT1, *silent information regulator 1*), co sprzyja angiogenezie oraz wpływa na degradację czynnika transkrypcyjnego (FOXO1, *forkhead box protein O1*) po derepresji ekspresji c-Myc [21]. Dodatkowo resweratrol stymuluje nadekspresję glioksalazy 1 (GLO1, *glyoxalase I*), która wspiera proces gojenia ran na różnych poziomach, m.in. poprzez aktywację enzymu (IRE1a, *inozytol-requiring enzyme 1a*). Wszystkie te mechanizmy sprawiają, że resweratrol może być wartościowym środkiem w terapii trudno gojących się ran, zwłaszcza u pacjentów z cukrzycą [22]. Ryzyko wystąpienia owrzodzeń szczególnie związanych ze stopą cukrzycową w ciągu życia wynosi od 19% do 34% i wzrasta wraz z wiekiem. Konsekwencje owrzodzeń wiążą się z pogorszeniem sprawności funkcjonalnej, infekcjami, hospitalizacją, a nawet amputacją kończyn dolnych czy zgonem. Najnowsze analizy pokazują, że w niektórych regionach liczba amputacji zwiększyła się nawet o 50% w ostatnich latach, mimo wcześniejszego długotrwałego trendu spadkowego. Wzrost ten jest szczególnie zauważalny wśród osób młodych oraz przedstawicieli mniejszości rasowych i etnicznych [23].

Badania *in vitro* nad resweratrolem znalazły potwierdzenie w eksperymentach *in vivo*. W jednym z badań na myszach wykazano, że zarówno doustne, jak i miejscowe stosowanie tego związku hamuje pogrubienie naskórka wywołane promieniowaniem UVB [24]. Dodatkowo zmniejsza on ekspresję enzymów: metaloproteinazy macierzy 1 (MMP-1, *matrix metalloproteinase 1*) i metaloproteinazy macierzy 9 (MMP-9, *matrix metalloproteinase-9*), które biorą udział w degradacji kolagenu. Ochronne działanie resweratrolu wynika m.in. z aktywacji szlaku antyoksydacyjnego Nrf2, który chroni komórki przed uszkodzeniami wywołanymi promieniowaniem UV [24]. W badaniu na szczurach potwierdzono jego właściwości fotoprotekcyjne, zwłaszcza gdy zastosowano go w formie nanocząsteczek lipidowych, co zwiększyło jego przenikanie przez naskórek. Efektywność ochrony skóry była większa niż przy samym resweratrolem. Inne badania wykazały, że jego połączenie z  $\beta$ -cyklodekstryną ( $\beta$ CD,  $\beta$ -Cyclodextrin) skutecznie redukuje stres oksydacyjny. Testy na kobietach w wieku 45-70 lat wykazały, że po 30 dniach stosowania preparatu z  $\beta$ CD skóra była bardziej nawilżona, elastyczna i rozjaśniona, a oznaki starzenia się zmniejszyły [25].

Jedno z badań nad modelem fotostarzenia wywołanego UVA u myszy potwierdziło kluczową rolę resweratrolu w zapobieganiu temu procesowi. Wyniki wskazują, że długotrwała ekspozycja na UVA prowadzi do zahamowania autofagii, ograniczenie tego procesu przyczynia się do starzenia organizmu. Dodatkowo wykazano, że podanie resweratrolu podskórnym poprawiło szorstkość skóry, zmniejszyło rumień i zmarszczki u myszy z uszkodzeniami skóry wywołanymi promieniowaniem UVA. Ponadto przyczyniło się do redukcji nadmiernego rogowacenia naskórka i przebarwień, ograniczyło procesy zapalne oraz spowolniło rozpad włókien kolagenowych [26].

Choć badań klinicznych nad wpływem resweratrolu na fotostarzenie skóry jest niewiele, jedno z nich wykazało poprawę jej kondycji po 12 tygodniach stosowania kosmetyku z 1% resweratrolem, 0,5% baicaliny i 1% witaminy E. Preparat powodował przezskórną absorpcję i zmiany w ekspresji genów, takie jak hemoksygenaza-1 (HO-1, *heme oxygenase*), czynnik wzrostu śródbłonnka naczyniowego (VEGFA, *vascular endothelial growth factor-A*) i kolagen typu 3 (COL3A1, *collagen type 3*). Analiza kliniczna wykazała istotną statystycznie poprawę w zakresie drobnych linii i zmarszczek, jędrności, elastyczności oraz napięcia skóry, a także redukcji przebarwień, zwiększenia blasku i zmniejszenia szorstkości w porównaniu do wartości początkowych. Badania ultrasonograficzne w okolicy oczu ujawniły średni wzrost grubości skóry o 18,9%, co wskazuje na wyraźną jej przebudowę [27].

Z kolei badania z 2019 roku potwierdziły, że resweratrol nie tylko poprawia napięcie skóry, ale także jej nawilżenie. W badaniu wzięło udział 20 ochotników, których obserwowano przez 6 tygodni. Zaledwie po dwóch tygodniach stosowania poziom nawilżenia wzrósł o 20%. Regularne aplikowanie re-

resweratrolu wzmacniało barierę hydrolipidową skóry i ograniczało utratę wody przez naskórek, co korzystnie wpływało na jego kondycję [28]. Z tej przyczyny resweratrol jest z powodzeniem stosowany w kosmetykach w celu regeneracji skóry.

## ZASTOSOWANIE RESWERATROLU W TERAPII BLIZN

Resweratrol ma szerokie pole działania, zastosowanie znalazł również w leczeniu blizn przerostowych (HSFB). Powstają one na skutek nadmiernego odkładania kolagenu i zaburzeń w proliferacji oraz apoptozie fibroblastów. Kluczową rolę w tym procesie odgrywa czynnik wzrostu TGF- $\beta$ 1. Badania wykazały, że resweratrol hamuje namnażanie fibroblastów blizn przerostowych (HSFB), zatrzymując cykl komórkowy i indukując apoptozę - efekt ten zależy od dawki i czasu działania. Już po 24 godzinach leczenia resweratrolem zauważono jego działanie antyproliferacyjne, które nasilało się wraz z wydłużeniem terapii i zwiększeniem stężenia substancji [29]. Dodatkowo resweratrol obniżał ekspresję genów odpowiedzialnych za produkcję prokolagenu typu I i III, co prowadziło do zmniejszenia odkładania kolagenu. Podobne właściwości resweratrolu w kontekście redukcji blizn potwierdzili również inni badacze [24].

Badania polegające na wstrzyknięciu resweratrolu wykazały, że w tkankach bliznowatych przerostowych ekspresja SIRT1 jest obniżona w porównaniu do zdrowej skóry. SIRT1 może hamować proces przekształcania fibroblastów w miofibroblasty indukowany przez TGF $\beta$ 1, co potwierdza zmniejszona ekspresja  $\alpha$ -SMA, kolagenu I (Col1) i kolagenu III (Col3) po zastosowaniu resweratrolu. Dodatkowo, terapia resweratrolem w modelu rany skórnej u myszy poprawiała organizację strukturalną skóry, prowadząc do powstania cieńszych i lepiej uporządkowanych włókien kolagenowych. W przyszłości badania będą koncentrować się na szczegółowych mechanizmach molekularnych związanych z działaniem przeciw włóknistym SIRT1 [30].

## RESWERATROL W LIKWIDACJI PRZEBARWIEŃ

Uważa się, że resweratrol wykazuje zdolność inhibicji tyrozynazy, enzymu kluczowego w procesie syntezy melaniny, co sprawia, że może pełnić rolę aktywnego składnika w preparatach przeznaczonych do rozjaśniania przebarwień skórnych [31]. Z tego względu w badaniach został wykorzystany krem z resweratrolem, 21 pacjentów z melasmą stosowało produkt przez 4 tygodnie. W samoocenie pacjentów poprawę w stopniu umiarkowanym do znaczącego zaobserwowało 8 osób (38,1%) w drugim tygodniu oraz 11 osób (52,3%) w czwartym tygodniu. Zmiany wskaźnika melaniny były istotnie mniejsze w drugim i czwartym tygodniu w porównaniu do wartości początkowej [32].

## PODSUMOWANIE

Resweratrol to naturalny związek chemiczny o silnych właściwościach antyoksydacyjnych i przeciwzapalnych. Występuje głównie w winogronach, winie, orzeszkach ziemnych i kakao. Dzięki swojej zdolności do neutralizowania wolnych rodników i modulowania procesów komórkowych wykazuje szerokie zastosowanie w profilaktyce oraz terapii chorób cywilizacyjnych. Resweratrol może zmniejszać ryzyko chorób sercowo-naczyniowych poprzez hamowanie peroksydacji lipidów i redukcję stresu oksydacyjnego. W onkologii wykazuje potencjał w hamowaniu nowotworzenia oraz zwiększaniu skuteczności chemioterapii. Jego właściwości neuroprotektoryjne czynią go obiecującym składnikiem w terapii chorób neurodegeneracyjnych, takich jak choroba Alzheimera czy Parkinsona. W kosmetyce resweratrol wspomaga gojenie ran i regenerację skóry, działa antybakteryjnie i przeciwgrzybiczo, a także chroni przed fotostarzeniem. Może być stosowany w leczeniu trudno gojących się ran, np. owrzodzeń cukrzycowych, poprzez poprawę angiogenezy i ochronę śródbłonki naczyń. Badania *in vitro* i *in vivo* potwierdzają jego skuteczność w wielu obszarach, jednak konieczne są dalsze badania kliniczne, aby w pełni wykorzystać jego potencjał terapeutyczny.

## LITERATURA / REFERENCES

1. Przysławski J, Dziecioł M. Resweratrol – aktualny stan wiedzy. *Bromat Chem Toksykol.* 2012;45(4):1166-1174.
2. Mikulski D. Teoretyczne badanie biofizyko-chemicznych właściwości resweratrolu i jego pochodnych. Praca doktorska. Uniwersytet im. A. Mickiewicza; 2010:9-49.
3. Hecker A, Schellnegger M, Hofmann E, et al. The impact of resveratrol on skin wound healing, scarring, and aging. *Int Wound J.* 2022;19(1):9-28. <https://doi.org/10.1111/iwj.13601>
4. King RE, Bomser JA, Min DB. Bioactivity of resveratrol. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2006;5:65-70. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00001.x>
5. Zagórska-Dziok M, Furman-Toczek D, Kruszewski M, et al. Resweratrol jako związek chemoprewencyjny w terapii nowotworów. *Probl Hig Epidemiol.* 2016;97:308-317.
6. Ren B, Kwah MX, Liu C, et al. Resveratrol for cancer therapy: challenges and future perspectives. *Cancer Lett.* 2021;515:63-72. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2021.05.001>
7. Olas B. Resweratrol jako dobroczynca w profilaktyce chorób układu krążenia. *Kosmos.* 2006;55(2-3):277-285.
8. Pahwa R, Jialal I. Atherosclerosis. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., eds. *Endotext.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507799/>. Accessed 29.05.2025.
9. Stephens K. More Than 40% of Adults with No Known Heart Disease Had Fatty Deposits in Heart Arteries. *AXIS Imaging News.* 2021.
10. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Heart Disease Facts.* <https://www.cdc.gov/heart-disease/data-research/facts-stats/index.html>. Accessed 29.05.2025.
11. Kim S-J. Global awareness of myocardial infarction symptoms in general population. *Korean Circ J.* 2021;51(12):997-1000. <https://doi.org/10.4070/kcj.2021.0320>
12. Salari N, Morddarvanjoghi F, Abdolmaleki A, et al. The global prevalence of myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.* 2023;23(1):206. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03231-w>
13. Kopec A, Piątkowska E, Leszczyńska T, et al. Prozdrowotne właściwości resweratrolu. *Żywność Nauka Technol Jakość.* 2011;5:5-15.

14. Kitajewska W, Szeląg W, Kopański Z, et al. Choroby cywilizacyjne i ich prewencja. *J Clin Healthc*. 2014;1:3-7.
15. Zhou DD, Luo M, Huang SY, et al. Effects and mechanisms of resveratrol on aging and age-related diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;9932218. <https://doi.org/10.1155/2021/9932218>
16. Zhang Y, Gui L, Yin Y, et al. Network pharmacology integrated with pharmacological evaluation for investigating the mechanism of resveratrol in perimenopausal depression. *Behav Brain Res*. 2025;477:115304. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2024.115304>
17. Pastore S, Lullsi D, Fidanza P, et al. Polifenole roślinne regulują ekspresję chemokin i naprawę tkanki w ludzkich keratynocytach poprzez interakcję z cytoplazmatycznymi i jądrowymi składnikami naskórkowego receptora czynnika wzrostu. *Antioxid Redox Signal*. 2012;16:317-328. <https://doi.org/10.1089/ars.2011.4053>
18. Hecker A, Schellnegger M, Hofmann E, et al. The impact of resveratrol on skin wound healing, scarring, and aging. *Int Wound J*. 2022;19(1):9-28. <https://doi.org/10.1111/iwj.13601>
19. Shevelev AB, la Porta N, Isakova EP, et al. In vivo antimicrobial and wound-healing activity of resveratrol, dihydroquercetin, and dihydromyricetin against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*. *Pathogens*. 2020;9(4):296. <https://doi.org/10.3390/pathogens9040296>
20. Demessant-Flavigny AL, Connétable S, Kerob D, et al. Skin microbiome dysbiosis and the role of *Staphylococcus aureus* in atopic dermatitis in adults and children: a narrative review. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2023;37(Suppl 5):3-17. <https://doi.org/10.1111/jdv.19125>
21. Huang X, Sun J, Chen G, et al. Resveratrol promotes diabetic wound healing via SIRT1-FOXO1-c-Myc signaling pathway-mediated angiogenesis. *Front Pharmacol*. 2019;10:421. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00421>
22. Li H, O'Meara M, Zhang X, et al. Ameliorating methylglyoxal-induced progenitor cell dysfunction for tissue repair in diabetes. *Diabetes*. 2019;68:1287-1302. <https://doi.org/10.2337/db18-0933>
23. McDermott K, Fang M, Boulton AJM, et al. Etiology, epidemiology, and disparities in the burden of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care*. 2023;46(1):209-221. <https://doi.org/10.2337/dci22-0043>
24. Kim J, Oh J, Averilla JN, et al. Grape peel extract and resveratrol inhibit wrinkle formation in mice model through activation of Nrf2/HO-1 signaling pathway. *J Food Sci*. 2019;84(6):1600-1608. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14643>
25. Hecker A, Schellnegger M, Hofmann E, et al. The impact of resveratrol on skin wound healing, scarring, and aging. *Int Wound J*. 2022;19(1):9-28. <https://doi.org/10.1111/iwj.13601>
26. Xia Y, Zhang H, Wu X, et al. Resveratrol activates autophagy and protects from UVA-induced photoaging in human skin fibroblasts and the skin of male mice by regulating the AMPK pathway. *Biogerontology*. 2024;25(4):649-664.
27. Farris P, Yatskayer M, Chen N, et al. Evaluation of efficacy and tolerance of a nighttime topical antioxidant containing resveratrol, baicalin, and vitamin E for treatment of mild to moderately photodamaged skin. *J Drugs Dermatol*. 2014;13(12):1467-1472.
28. Igielska-Kalwat J, Firlej M, Lewandowska A, et al. In vivo studies of resveratrol contained in cosmetic emulsions. *Acta Biochim Pol*. 2019;66(3): 371-374.
29. Zeng G, Zhong F, Li J, et al. Resveratrol-mediated reduction of collagen by inhibiting proliferation and producing apoptosis in human hypertrophic scar fibroblasts. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2013;77:2389-2396. <https://doi.org/10.1271/bbb130502>
30. Bai XZ, Liu JQ, Yang LL, et al. Identification of sirtuin 1 as a promising therapeutic target for hypertrophic scars. *Br J Pharmacol*. 2016;173(10):1589-1601. <https://doi.org/10.1111/bph.13460>
31. Bernard P, Berthon JY. Resveratrol: an original mechanism on tyrosinase inhibition. *Int J Cosmet Sci*. 2000;22(3):219-226. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.2000.00019.x>
32. Kwon SH, Yang JH, Shin JW, et al. Efficacy of liposome-encapsulated 4-n-butylresorcinol and resveratrol cream in the treatment of melasma. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(4):891-895. <https://doi.org/10.1111/jocd.13080>

otrzymano / received: 31.03.2025

poprawiono / corrected: 05.04.2025

zaakceptowano / accepted: 10.04.2025