Wybrane aspekty biokosmetologii

pod redakcją
Mirosławy Chwil
i Bożeny Denisow

Wybrane aspekty biokosmetologii

Wybrane aspekty biokosmetologii

pod redakcją

Mirosławy Chwil i Bożeny Denisow

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Recenzenci
dr hab. Małgorzata Puc, prof. US
dr hab. Alina Syp, prof. IUNG-PIB

Opracowanie redakcyjne
Agnieszka Litwińczuk
Renata Zelik

Skład i łamanie
Jacek Pałyszka

Projekt okładki
Anna Kowalczyk

Ten utwór jest dostępny na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe.

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie – Wydawnictwo, Lublin 2021

ISBN 978-83-7259-354-2
ISBN 978-83-7259-355-9 on-line

DOI: 10.24326/mon.2021.15

Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
https://up.lublin.pl/nauka/wydawnictwo/

Ark. wyd. 20,7

Spis treści

Przedmowa 7

Naturalne surowce pochodzenia roślinnego w kosmetykach do makijażu, od starożytności do współczesności
Katarzyna Rubinowska 9

Właściwości oraz wykorzystanie karotenoidów w kosmetologii – od historii do nowoczesnych zastosowań
Katarzyna Rubinowska, Agata Szczurowska, Renata Matraszek-Gawron, Barbara Hawrylak-Nowak 22

Występowanie i aktywność biologiczna saponin
Marta Dmitruk, Bożena Denisow, Mirosława Chwil, Renata Matraszek-Gawron, Małgorzata Brożek 45

Zastosowanie olejków eterycznych w kosmetologii
Magdalena Walasek-Janusz, Ewa Dorota Zalewska, Grażyna Zawiślak, Robert Gruszecki 58

Przegląd wybranych olejków eterycznych wykorzystywanych w kosmetologii i aromaterapii
Magdalena Walasek-Janusz, Ewa Dororta Zalewska, Grażyna Zawiślak, Robert Gruszecki 66

Aromaterapia olejkiem lawendowym
Mirosława Chwil..... 75

Roślinne komórki macierzyste w kosmetyce
Katarzyna Rubinowska, Agata Konarska..... 84

Naturalne substancje roślinne o właściwościach promieniochronnych
Agata Konarska, Katarzyna Rubinowska..... 95

Wykorzystanie borowiny w kosmetologii, odnowie biologicznej i rehabilitacji
Tomasz Mieczan, Adam Bownik, Magdalena Toporowska, Anna Kaczorowska, Andrzej Demetraki-Paleolog..... 120

Zastosowanie metabolitów bakteryjnych w biokosmetologii
Adam Bownik, Tomasz Mieczan, Magdalena Toporowska, Anna Kaczorowska..... 130

Biosurfaktanty w kosmetykach
Anna Stępniowska 141

Surowce zwierzęce wykorzystywane w kosmetyce
Agnieszka Kaliniak-Dziura, Piotr Skałecki, Mariusz Florek, Piotr Domaradzki, Monika Kędzierska-Matysek, Anna Teter, Aneta Brodziak, Małgorzata Dmoch, Marek Kowalczyk, Barbara Topyła, Małgorzata Ryszkowska-Siwko, Monika Ziomek 151

Wykorzystanie produktów pszczelich w kosmetologii
Aneta Sulborska-Różycka, Marzena Masierowska 178

Wykorzystanie hydrobiontów w biokosmetologii i odnowie biologicznej
Anna Kaczorowska, Tomasz Mieczan, Joanna Sender, Adam Bownik, Magdalena Toporowska, Andrzej Demetraki-Paleolog 215

Toksyczność mikroplastiku w produktach kosmetycznych
Krzysztof Tutaj, Magdalena Szydłowska-Tutaj 233

Filtry chemiczne i fizyczne w kosmetykach przeciwsłonecznych oraz ich wpływ na zdrowie człowieka i środowisko naturalne
Eliza Wargala, Agnieszka Zalewska, Martyna Sławska, Magdalena Toporowska 246

Wymagania sanitarno-higieniczne w gabinetach kosmetycznych
Anna Pecyna, Agnieszka Buczaj, Zbigniew Kobus 258

Wykorzystanie prądu w aparaturze gabinetu kosmetycznego
Agnieszka Buczaj, Anna Pecyna, Zbigniew Kobus 270

Rola norm polskich, europejskich i międzynarodowych w kształtowaniu jakości i bezpieczeństwa produktów kosmetycznych
Magdalena Toporowska, Tomasz Mieczab, Adam Bownik, Anna Kaczorowska..... 285

Dobre praktyki produkcyjne w przemyśle kosmetycznym
Jolanta Król, Aneta Brodziak 301

Przedmowa

Polska jest szóstym rynkiem kosmetyków w Europie, w najbliższych latach przewiduje się dalszy dynamiczny rozwój branży kosmetycznej produkcyjnej i usługowej. Dbałość o wygląd jest częścią poszukiwania osobistego stylu. Już w starożytnym Egipcie (ok. 3000 lat p.n.e.) przywiązywano dużą wagę do pielęgnacji ciała i zewnętrznego wyglądu. Wzorem piękna była królowa Nefretete. Obecnie troska o wygląd i związane z nim samopoczucie wpisuje się w trend tzw. *well-being*, zdobywający coraz więcej zwolenników. Konsumenci w XXI w. poszukują nowych naturalnych produktów. Podczas wyboru kosmetyku kierują się nie tylko ceną. Istotnym kryterium jest także pochodzenie, jakość i skład, sposób jego wytwarzania oraz wpływ produkcji na środowisko. Konsekwencją zmian demograficznych jest starzenie się społeczeństwa, powoduje to wzrost zapotrzebowania na wyspecjalizowane produkty przeznaczone dla seniorów. Trendy społeczne i demograficzne wpływają na wzrost popytu na kosmetyki, zwłaszcza z grupy naturalnych i stanowią impuls do podniesienia jakości oferowanych wyrobów. W przyszłości decydująca dla sukcesu rynkowego rozwijającej się branży będzie innowacyjność opierająca się na zastosowaniu składników pochodzenia naturalnego i dbałości o środowisko. Odpowiedzią na aktualne wymagania przemysłu kosmetycznego i potrzeby szybko rozwijającego się rynku usług kosmetycznych są poszukiwania nowych surowców naturalnych (roślinnych, zwierzęcych, mineralnych), poznanie skutecznych związków biologicznie czynnych i wprowadzanie innowacyjnych technik produkcji biokosmetyków. Zamieszczone w monografii prace mają charakter przeglądowy i dotyczą: historycznych i współczesnych zastosowań niektórych surowców roślinnych; wykorzystania roślinnych metabolitów wtórnych (karotenoidów, saponin, olejków eterycznych) w różnych wyrobach kosmetycznych, zabiegach odnowy biologicznej i terapii wspomagającej; pozyskiwania, mikropropagacji i aktywności metabolitów roślinnych komórek macierzystych; zastosowań metabolitów mikroorganizmów bakteryjnych i hydrobiontów oraz wykorzystania borowiny w biokosmetologii, potencjału wykorzystania wybranych surowców zwierzęcych (np. produktów pszczelich) w wyrobach kosmetycznych i zabiegach; problemów wynikających z obecności mikroplastiku w produktach kosmetycznych, dobrych praktyk w przemyśle kosmetycznym, norm i wymagań stawianych produktom oraz gabinetom kosmetycznym.

dr hab. Mirosława Chwil, profesor uczelni

prof. dr hab. Bożena Denisow

Naturalne surowce pochodzenia roślinnego w kosmetykach do makijażu, od starożytności do współczesności

Katarzyna Rubinowska[1]✉

Produkty do makijażu, podobnie jak inne kosmetyki, zawierają w swoich składach wiele komponentów różnego pochodzenia, do których możemy zaliczyć surowce pochodzenia roślinnego, zwierzęcego, mineralnego oraz substancje syntetyczne. Przed dopuszczeniem preparatu kosmetycznego do sprzedaży musi zostać on gruntownie przebadany pod względem toksyczności i bezpieczeństwa używania. Obowiązującą w krajach Unii Europejskiej regulacją w tym zakresie jest dyrektywa 93/35/EEC z dnia 14 czerwca 1993 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do produktów kosmetycznych [Dyrektywa 93/35/EEC].

Rosnące zapotrzebowanie na kosmetyki i wszechstronność ich zastosowania skutkują ciągłym rozwojem branży kosmetycznej. W ostatnich 20 latach światowa produkcja kosmetyków stale się zwiększała, średnio o 4,5% rocznie [Siti Zulaikha i in. 2015]. Konsumenci kosmetyków w Unii Europejskiej stają się coraz bardziej świadomą grupą, zwłaszcza w zakresie składników stosowanych w produktach kosmetycznych [Huynh i in. 2020]. Coraz większą popularnością cieszą się kosmetyki o zrównoważonych składach, a także naturalne i wegańskie. Składniki syntetyczne i pochodzenia zwierzęcego są obecnie znacznie rzadziej preferowane przez konsumentów [Huynh i in. 2020]. Równocześnie dąży się do jak najprostszych receptur i stosowania jak najmniejszej ilości konserwantów, co może wynikać z faktu, że coraz więcej osób cierpi na różnego rodzaju alergie [Chrząstek i in. 2015]. Dlatego firmy nieustannie poszukują naturalnych substancji aktywnych pochodzenia roślinnego, które z powodzeniem mogłyby zostać wykorzystane w recepturach produktów, a przez to wyeliminowałyby składnik.

Według badań ankietowych przeciętna dorosła kobieta używa w ciągu dnia 9 różnych kosmetyków pielęgnacyjnych i upiększających, a 25% kobiet deklaruje codzienne stosowanie 15 różnych preparatów kosmetycznych [Nigam 2009]. Ze względu na złożone składy kosmetyków dostępnych w drogeriach przeciętna

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ katarzyna.rubinowska@up.lublin.pl

kobieta w ciągu dnia nakłada na swoją skórę ok. 168 różnych substancji [Hamilton i de Gannes 2011]. Badania ankietowe dotyczące wykonywania makijażu oczu przeprowadzone na grupie 1360 kobiet w wieku 20–34 lat wykazały, że 60% z nich korzysta z kosmetyków do makijażu oczu codziennie, a 23% – od 3 do 5 razy w tygodniu [Ng i in. 2012]. Najczęściej używanym kosmetykiem wśród ankietowanych kobiet był tusz do rzęs. Skład kosmetyków do makijażu nie jest obojętny dla stanu narządu wzroku. Liczne badania dowodzą, że przeniesienie składników kosmetyków do filmu łzowego i na spojówki może powodować niepożądane reakcje o szerokim spektrum, od lekkich podrażnień i objawów suchości po stany zapalne, infekcje oraz nietolerancję soczewek [Gao i Kanengiser 2004, Coroneo i in. 2006, Malik i Claoué 2012, Ng i in. 2012]. W poważniejszych przypadkach może dochodzić do uszkodzenia nabłonka rogówki, zapalenia spojówek, rogówki czy powiek, a także wystąpienia silnego odczynu alergicznego [Krysztofiak 2015].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie informacji na temat wykorzystywania naturalnych surowców pochodzenia roślinnego w kosmetykach do makijażu. Praca stanowi przegląd historii stosowania substancji roślinnych w recepturach kosmetycznych preparatów do wizażu od czasów starożytnych do współczesnych, z uwzględnieniem tendencji obecnie obserwowanych w przemyśle kosmetycznym.

Historia wykorzystywania naturalnych substancji pochodzenia roślinnego w kosmetykach do makijażu

Historia upiększania ciała obejmuje co najmniej 40 tys. lat, co świadczy o długiej fascynacji ludzi pięknem i ich troską o wygląd [Weiberg 2013]. Już od czasów starożytnych ludzie poszukiwali substancji, które mogliby wykorzystywać do upiększania twarzy i ciała. Dbanie o wygląd i chęć jego poprawy nie były jednak domeną wyłącznie kobiet, również mężczyźni przywiązywali do tej kwestii znaczną wagę. Świadczy o tym fakt, że słowo „kosmetyk" wywodzi się od greckiego *kosmeticos* i oznacza zarówno sztukę upiększania się kobiet, jak i mężczyzn. Jednak nie była ona popularna tylko w starożytnej Grecji. Wiele w rozwój kosmetyki i makijażu wnieśli również starożytni Egipcjanie, Rzymianie, a także cywilizacje rozwijające się na kontynencie azjatyckim i amerykańskim. Współcześnie termin „makijaż", pochodzący z angielskiego *make up,* oznacza korzystanie z kosmetyków i zastosowanie ich do koloryzacji i upiększania twarzy oraz innych partii ciała. Po raz pierwszy termin ten został użyty w czasie panowania Jakuba I w VII w. [Oumeish 2001, Murube 2013]. Nato-

miast w czasach starożytnych makijaż miał dużo szersze znaczenie i zastosowanie, był wykonywany głównie w celach religijnych i rytualnych, zarówno przez kobiety, jak i przez mężczyzn. Mężczyźni malowali nie tylko twarz, ale również całe ciała, głównie w celu odstraszenia wroga lub zwiększenia swojej atrakcyjności [Hlava i in. 1984, Parish i Crissey 1988]. Źródłem substancji wykorzystywanych do makijażu w starożytności były naturalne surowce, głównie roślinne, zwierzęce i mineralne [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007].

Pierwsze doniesienia na temat wykorzystania surowców pochodzenia roślinnego w celach kosmetycznych pochodzą sprzed 5 tys. lat. Starożytni Sumeryjczycy, Asyryjczycy i Babilończycy leczyli i kamuflowali niedoskonałości skóry, wykorzystując rośliny takie jak rącznik pospolity (*Ricinus communis* L.), badian właściwy (*Illicium verum* Hook. f), pokrzyk wilcza jagoda (*Atropa belladonna* L.), cynamonowiec kamforowy (*Cinnamomum camphora* Ness et Eberm.), kardamon malabarski (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton), kadzidło Cartera (*Boswellia sacra* Flueck.) i gorczyca biała (*Sinapis alba* L.) [López-Agüero i Stella 2007].

Grobowce pochodzące z czasów starożytnego Egiptu dostarczają wiele dowodów na to, że powszechnie stosowano naturalne surowce roślinne do celów kosmetycznych. Egipcjanki do wykonywania makijażu oczu wykorzystywały m.in. hennę – sproszkowane liście i pędy lawsonii bezbronnej (*Lawsonia inermis* L.), natomiast do pielęgnacji skóry twarzy stosowały kremy i maści, w których składzie najczęściej były wosk, oliwa z oliwek oraz ekstrakt z cyprysu (*Cupressus* L.). Po kąpieli starożytne Egipcjanki miały zwyczaj wcierania w skórę startych na pył strączków i łupin kozieradki (*Trigonella* L.) zalanych oliwą z oliwek [Oumeish 2001, Witkowski i Parish 2001]. Aby chronić skórę przed niekorzystnymi czynnikami atmosferycznymi, stosowano oleje i kremy, w skład których wchodziły głównie surowce roślinne pozyskiwane z kadzidła Cartera (*Boswellia sacra* Flueck.), macierzanki zwyczajnej (*Thymus vulgaris* L.), mięty pieprzowej (*Mentha* × *piperita* L.), rozmarynu lekarskiego (*Rosmarinus officinalis* L.), lawendy (*Lavendula* L.), lilii (*Lilium* L.), rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla* L.), cedru libańskiego (*Cedrus libani* A. Rich.), róży (*Rosa* L.), aloesu zwyczajnego (*Aloe vera* (L.) Burm. f.), oliwki europejskiej (*Olea europaea* L.), sezamu indyjskiego (*Sesamum indicum* L.) i migdałowca pospolitego (*Prunus dulcis* L.) [Chaudhri i Jain 2009]. Bez wątpienia najbardziej rozpoznawalną ikoną makijażu w czasach starożytnego Egiptu była Kleopatra. Chociaż nie wiadomo, jak naprawdę wyglądała, wiele wskazuje na to, że miała oliwkową karnację, którą wszelkimi sposobami starała się rozjaśnić, żeby jak najbardziej zbliżyć swój wygląd do obowiązujących w tamtych czasach kanonów piękna. Kleopatra, znana ze swojego upodobania do tworzenia receptur kosmetycznych, poszukiwała substancji, która rozjaśni jej cerę, dlatego do two-

rzenia pudrów wybielających używała m.in. sproszkowanych odchodów krokodyli [Mohiuddin 2019].

W starożytnej Grecji do pielęgnacji skóry używano szparagów (*Asparagus officinalis* L.), anyżu (*Pimpinella anisum* L.) i bulw dzikiej lilii (*Lilium bulbiferum* L.), które mieszano z kozim mlekiem lub przefiltrowanym obornikiem. Natomiast do rozjaśniania cery używano pudru, w skład którego wchodził m.in. popiół bukowy, a paznokcie farbowano henną na kolor czarny [Oumeish 2001, Semwal i in. 2014]. W starożytnym Rzymie higiena i estetyczny wygląd miały wyjątkowe znaczenie. Naturalne surowce pochodzenia roślinnego wykorzystano m.in. do stworzenia receptury pierwszego kremu nawilżającego na bazie wosków, oliwy z oliwek i płatków róży (*Rosa* L.). Starożytni Rzymianie zasłynęli również z wprowadzenia po raz pierwszy do receptur kremów substancji konserwujących, których funkcję pełniły ekstrakty z korzeni [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007]. Popularnym surowcem kosmetycznym były również owoce figi, które mieszano z owocami banana, płatkami owsianymi i wodą różaną, a natępnie w formie maski nakładano na twarz [Oumeish 2001].

W czasach świetności Imperium Rzymskiego kobiety, wykonując makijaż, używały różnego rodzaju kosmetyków, których zadaniem było rozjaśnienie cery i ukrycie wszelkich niedoskonałości. W skład tych pierwotnych pudrów najczęściej wchodziła drobno zmielona kreda zmieszana z octem, natomiast do tworzenia receptur sypkich pudrów używano drobno zmielonego korzenia irysa (*Iris* L.) oraz mąki pszennej. Zamożne Rzymianki używały natomiast tzw. bieli ołowianej, która bardzo dobrze rozjaśniała cerę, jednak miała toksyczny wpływ zarówno na skórę, jak i cały organizm [Mohiuddin 2019].

Makijaż wykonywany przez kobiety zamieszkujące kontynent azjatycki bardzo różnił się od makijażu wykonywanego w innych regionach świata. Starożytne Chinki i Japonki przede wszystkim ceniły bardzo jasną, nieskazitelną cerę, w celu uzyskania takiego wyglądu stosowały na twarz najpierw wosk, a następnie pastę pudrową wykonaną z mąki ryżowej (*Oryza sativa* L.). Bielono nie tylko twarz, ale również plecy, pozostawiając niezamalowany jedynie mały fragment karku. Różowy odcień policzków i ust uzyskiwano, malując je rozpuszczonym w wodzie ekstraktem z kwiatów krokosza barwierskiego (*Carthamus tinctorius* L.). Natomiast brwi podkreślano popiołem z gałązki paulowni (*Paulownia* Siebold & Zucc.) [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007].

W skład preparatów kosmetycznych używanych przez kobiety w starożytnych Indiach wchodziły głównie wyciągi roślinne. Podczas codziennych zabiegów pielęgnacyjnych kobiety nacierały skórę całego ciała maścią, w której skład wchodził ekstrakt z drzewa sandałowego (*Santalum* L.) i szafran (*Crocus* L.).

Ponadto do wykonania makijażu używały olejku z drzewa aloesowego [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007].

Po upadku Cesarstwa Rzymskiego w epoce średniowiecza w Europie dbanie o higienę ciała zastąpiła wiara w zabobony, czarnoksięstwo i ascezę. Jedynymi rejonami świata, w których dbano o pielęgnację ciała, były kraje wschodnie. Arabskie kobiety używały maseczek zapobiegających starzeniu się skóry, w których składzie można było znaleźć m.in. sok z cytryny (*Citrus limon* (L.) Burm.), a także sproszkowany ryż (*Oryza sativa* L.) i orzechy. Oprócz efektu pielęgnacyjnego maseczki te pełniły również funkcje naturalnego peelingu, które złuszczał martwy naskórek [Oumeish 2001].

Epoka renesansu w Europie charakteryzowała się powrotem do dbania o higienę. Ponownie zaczęto zwracać uwagę na estetyczny wygląd, przy czym nadal za najpiękniejszą uważano jasną, wręcz białą karnację. W tym celu stosowano pudry, które w swoim składzie zawierały mąkę fasolową, kredę, cerusyt i ołów [Mohiuddin 2019]. Surowce roślinne stosowano m.in. jako składniki receptur płukanek do ust i domowych mydeł. Dużą uwagę zwracano na wygląd dłoni, dlatego właśnie skóra rąk była szczególnie pielęgnowana w epoce renesansu, głównie przy pomocy preparatów, w których skład wchodził sok z cytryny zwyczajnej (*Citrus limon* (L.) Burm.), gorczyca (*Sinapis* L.), migdały i starty owoc jabłoni. Maski przygotowywane z wykorzystaniem wymienionych składników nakładano na skórę rąk na noc, co gwarantowało zahamowanie powstawania zmarszczek oraz gładką i jasną skórę [Oumeish 2001].

Wiek XIX podzielił społeczeństwo na bogatych mieszkańców miast, którzy do pielęgnacji i makijażu twarzy wykorzystywali gotowe produkty kosmetyczne, nabywane w aptekach lub u obwoźnych handlarzy, i na biednych mieszkańców wsi, dbających o urodę z wykorzystaniem najczęściej naturalnych surowców pochodzenia roślinnego. Do wykonywania makijażu, który ograniczano do barwienia policzków i ust, wykorzystywano barwniki pozyskiwane z korzenia buraka czerwonego (*Beta vulgaris* L.) czy owoców truskawki (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier) [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007]. Od początku XX w. obserwowano intensywny rozwój chemii kosmetycznej, zaczęły powstawać początkowo małe manufaktury, a później ogromne firmy kosmetyczne, które w swojej ofercie miały zarówno kosmetyki pielęgnacyjne, jak i upiększające. Szybki rozwój branży kosmetycznej spowodował niemal całkowite wyparcie ze składu kosmetyków substancji naturalnych pochodzenia roślinnego, zastąpiły je dużo tańszeodpowiedniki syntetyczne [Szczygieł-Rogowska i Tomalska 2007].

Najpopularniejsze składniki współczesnych kosmetyków do makijażu

We współczesnych recepturach kosmetyków surowce roślinne występują w postaci ekstraktów, olejków eterycznych i zapachowych, hydrolatów, ekstraktów wodnych, nalewek, żywic i gum. Ponadto wykorzystuje się oleje roślinne, woski, śluzy i oczyszczone substancje aktywne pochodzenia roślinnego [Çankaya 2018]. Na podstawie testów wykonanych pod kątem alergicznego kontaktowego zapalenia skóry za najbardziej alergenne uznaje się składniki kosmetyków, do których zaliczamy: kompozycje zapachowe, siarczan niklu, *p*-fenylenodiaminę (PPD), barwniki oraz konserwanty – tiomersal i chlorek benzalkonium, rzadziej podłoża i inne składniki [Mehta i in. 2003, Deda i in. 2008]. Oprócz wymienionych substancji syntetycznych, również surowce pochodzenia roślinnego mogą wywoływać alergię kontaktową, przykładem jest wosk karnauba, który jest popularnym składnikiem tuszów do rzęs [Chowdhury 2002]. Przyczyną nadwrażliwości kontaktowej na kosmetyki mogą być składniki podłoży. Objawy alergii kontaktowej może wywołać m.in. lanolina, obecna w różnych preparatach kosmetycznych, głównie o zastosowaniu pielęgnacyjnym. Alergenami lanoliny są alkohole alifatyczne stanowiące od 4 do 17% jej masy [Rudzki 2008]. Natomiast kalafonia, wchodząca w skład cieni do powiek, tuszów do rzęs oraz szminek, jest produktem pochodzenia roślinnego, którego głównym alergenem jest kwas abietynowy [Rudzki 2008]. Mieszaniny zapachowe tworzone na bazie substancji pochodzenia roślinnego również wykorzystywane są przy tworzeniu receptur kosmetyków. Wykorzystuje się m.in. mech dębowy, geraniol, dehydroksycytronellal, alkohol cynamonowy, aldehyd cynamonowy, eugenol, izoeugenol oraz aldehyd amylocynamonowy [Kacalak-Rzepka i in. 2010]. Szeroko stosowanym dodatkiem zapachowym jest również balsam peruwiański, zwłaszcza w recepturach kosmetyków do makijażu, w których pełni również funkcje stabilizujące. Pod powszechnie znaną nazwą tego produktu kryje się kilkanaście surowców pochodzenia roślinnego, w tym aldehyd i kwas cynamonowy, cynamonian cynamonu, benzoesan cynamonu, benzoesan benzylu, wanilina, kwas wanilinowy, nerolidol i farnezol [Rastogi i in. 1996].

Do najpopularniejszych surowców wykorzystywanych do tworzenia maskar należy zaliczyć oleje (lniany, sezamowy, eukaliptusowy, oleje mineralne), lanolinę, terpentynę, a także woski (pszczeli, karnauba, parafinę) [Murube 2013]. Natomiast funkcję barwnika pełnią tlenki żelaza, dzięki którym maskara uzyskuje intensywną czarną lub brązową pigmentację. Cechą charakterystyczną tuszu do rzęs jest jego stopniowe wysychanie i kruszenie się, przez co jego drobinki bardzo łatwo przedostają się do oka. Może to wywoływać mechaniczne podraż-

nienia, zwłaszcza jeśli składnikiem maskary są włókna wiskozowe lub nylonowe [Krysztofiak 2015].

W recepturach cieni do powiek wśród głównych składników znajdują się mika i talk oraz serycyt, czarny tlenek żelaza, tlenek manganu i tlenek chromu [Murube 2013]. Wymienione związki są surowcami pochodzenia mineralnego, w związku z czym mogą być zanieczyszczone metalami ciężkimi, takimi jak arsen, chrom, kadm, kobalt, rtęć, miedź, nikiel i ołów [Hepp i in. 2014, Borowska i Brzóska 2015]. Zanieczyszczające wypełniacze i barwniki wchodzące w skład cieni do powiek mogą powodować akumulowanie się w skórze lub absorbowanie do krwioobiegu metali ciężkich. Zagrożenie to wzrasta wraz z większą zawartością niepożądanych pierwiastków w kosmetyku, dlatego powstały regulacje prawne dotyczące ich dopuszczalnych ilości [Hepp i in. 2014, Borowska i Brzóska 2015]. W zależności od firmy, która produkuje cienie do powiek, ich skład może być szeroki i bardzo zróżnicowany. Analizując receptury tej grupy kosmetyków do makijażu, można stwierdzić, że od 2 do 30% gramatury stanowią talk, węglan wapnia i pigmenty. Pozostałe składniki to stearynian cynku lub magnezu, węglan magnezu, kaolin, lanolina, związki glinu, barwniki syntetyczne, oleje mineralne (pochodne ropy naftowej), tlenek cynku i biel tytanowa. Ponadto w składzie cieni do powiek można stwierdzić różne zawartości składników pochodzenia mineralnego i roślinnego, takich jak glinki, minerały, tlenki żelaza, wyciąg z aloesu, świetlika, pąki kwiatów jambu, plankton, masło cupuacu, rybozę, polipeptydy i sacharydy [Sieczyńska i in. 2020].

Wśród kosmetyków do makijażu odrębną grupę stanowią kosmetyki do ust, do których zaliczamy błyszczyki, balsamy do ust i pomadki. Jest to szczególna grupa kosmetyków ze względu na miejsce aplikacji, które charakteryzuje się wyjątkową wrażliwością na działanie czynników zewnętrznych. Skóra ust jest dużo cieńsza w porównaniu ze skórą naszego ciała, znajduje się w niej znacznie mniej melaniny i jest zupełnie pozbawiona mieszków włosowych oraz gruczołów łojowych i potowych [Gupta i Miller 2019]. Dlatego kosmetyki przeznaczone do makijażu ust charakteryzuje specyficzny dobór składników, które możemy podzielić na kilka kategorii – bazę, oleje, barwniki i substancje zapachowe [Gupta i Miller 2019]. Bazy produktów do pielęgnacji ust tworzą woski i masła. Najczęściej stosowanym woskiem jest wosk krystaliczny (pochodzący z przetworzenia ropy naftowej) oraz ozokeryt (substancja pochodzenia mineralnego) [Toro-Vazquez i in. 2011]. Powszechnie stosowany jest również wosk pszczeli, zaliczany do wosków pochodzenia zwierzęcego, jednak równie często wykorzystywane są w recepturach pomadek woski pochodzenia roślinnego, do których zaliczamy wosk karnauba i kandelila. Dużą popularność zyskało również masło kakaowe, które, tworząc bazę kosmetyku do pielęgnacji ust, ma właściwości

nawilżające, a także niweluje efekt spierzchniętych warg [Kotnala i in. 2019]. Wśród olei będących składnikami kosmetyków do ust, najczęściej spotykane są oleje rycynowy, jojoba, z dzikiej róży, migdałowy i cynamonowy. Substancje nadające kolor pomadkom i błyszczykom najczęściej są związkami syntetycznymi, jednak obecnie stawia się nacisk na stosowanie barwników pochodzenia naturalnego, stąd w recepturach kosmetyków do pielęgnacji ust często znajdują się surowce roślinne, takie jak korzeń buraka, szafran, kurkuma czy miód. Zgodnie z obowiązującymi zasadami przy tworzeniu receptur kosmetyków naturalnych, do ich barwienia używa się naturalnych barwników pochodzenia roślinnego, antocyjanów, chlorofili i karotenoidów. Fioletowo-niebieskie odcienie uzyskuje się poprzez dodawanie antocyjanów, które najczęściej pozyskiwane są z owoców winogron (*Vitis vinifera* L.), borówki brusznicy (*Vaccinium vitis-idaea* L.), śliwy (*Prunus* L.) czy liści czerwonej kapusty głowiastej (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). Kolor zielony w kosmetykach uzyskuje się poprzez dodanie chlorofili izolowanych najczęściej z owoców awokado (*Persea* P. Miller), ogórka (*Cucumis* L.), kiwi (*Actinidia* L.), liści szpinaku (*Spinacia* L.), sałaty (*Lactuca* L.) i kwiatów brokułów (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). Różne odcienie koloru białego można uzyskać poprzez dodanie do receptury antoksantyny, której źródłem jest kwiat kalafiora (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), bulwa ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.), korzeń imbiru (*Zingiber* Boehm.), pęd cebuli (*Allium cepa* L.) i owoc banana (*Musa* L.). Żółto-pomarańczowe odcienie uzyskuje się poprzez dodatek karotenoidów, których źródłem są m.in. owoce papai (*Carica papaya* L.), pomarańczy (*Citrus* L.), dyni (*Cucurbita* L.), igły sosny (*Pinus* L.) i korzeń marchwi (*Daucus carota* L.), natomiast kolor czerwony gwarantuje dodatek likopenu występującego w buraku ćwikłowym (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* L.), owocach pomidora (*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.), truskawki (*Fragaria* × *ananasa* Duchesne), arbuza (*Citrullus* Schrad.) i granata (*Punica* L.) [Kadu i in. 2015]. Problem z wprowadzeniem naturalnych barwników pochodzenia roślinnego do składu kosmetyków jest związany z ich niską stabilnością w zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Barwniki te są szczególnie wrażliwe na zmiany pH, światło, wysoką temperaturę i obecność mikroorganizmów [Kotnala i in. 2019].

W recepturach sypkich pudrów znajdują się głównie talk, tlenek cynku, ditlenek tytanu, kaolin i węglan magnezu. Ponadto do pudrów rozświetlających dodaje się perłowe pigmenty, takie jak tlenochlorek bizmutu, mikę lub krystaliczny węglan wapnia. Natomiast funkcję barwników, które zapewniają odpowiedni kolor kosmetyków, pełnią najczęściej tlenki żelaza oraz pigmenty nieorganiczne, takie jak akwamaryna lub tlenek chromu [Butler 2013]. Obecnie do barwienia

fluidów i sypkich pudrów, zwłaszcza tych, które charakteryzują się naturalnymi składami i klasyfikowane są jako wegańskie, stosuje się barwniki pochodzenia roślinnego, głównie chlorofile i karotenoidy [Bayerl 2008]. Barwniki te znalazły również zastosowanie w recepturach takich kosmetyków do makijażu jak kredki do ust, pomadki, bronzery, róże i cienie do powiek [Arct i Mieloch 2008]. Oprócz funkcji barwiącej, substancje te wykazują dodatkowo działanie promieniochronne, przeciwwolnorodnikowe, przeciwstarzeniowe, a także przeciwtrądzikowe i ograniczające wydzielanie sebum [Darvin i in. 2011].

Cennym źródłem karotenoidów są niektóre oleje, które z powodzeniem wykorzystywane są w recepturach płynnych preparatów kosmetycznych do makijażu, takich jak fluidy, korektory czy płynne pomadki i błyszczyki do ust. Do najczęściej stosowanych zaliczyć można oleje buriti, rokitnikowy, marchwiowy, nagietkowy, makadamia, migdałowy, morelowy, brzoskwiniowy, śliwkowy, z róży rdzawej, z orzecha włoskiego, z czarnuszki, z dyni, z palmy oleistej i olej shea [Bocho-Janiszewska i Dawidziuk 2013]. Ponadto wprowadzają one do receptury preparatu kosmetycznego substancje aktywne, takie jak niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, witaminy i biopierwiastki, które mają działanie pielęgnacyjne [Beveridge i in. 1999, Yang i in. 1999, Nakić i in. 2006, Bocho-Janiszewska i Dawidziuk 2013, Shebaby i in. 2015, Baarda i in. 2016, Procida i in. 2013].

Obecnie w recepturach kosmetyków do makijażu coraz częściej pojawiają się surowce roślinne o działaniu antyoksydacyjnym i opóźniającym procesy starzenia się skóry. Wśród tych najbardziej popularnych możemy wyróżnić ekstrakt z liści herbaty chińskiej (*Camellia sinensis* L.) bogaty w witaminę C oraz olej z nasion winorośli właściwej (*Vitis vinifera* L.), który dzięki wysokiej zawartości polifenoli zapobiega peroksydacji lipidów [Angerhofer i in. 2008]. Popularnym składnikiem jest również ekstrakt z nasion kawy arabskiej (*Coffea arabica* L.), który wpływa na stymulację włókien kolagenowych i elastynowych [Velázquez-Pereda i in. 2009]. Dzięki wysokiej zawartości substancji o działaniu antyoksydacyjnym ekstrakt z ogórka siewnego (*Cucumis sativus* L.) również wykorzystywany jest w recepturach kosmetycznych, głównie w celu hamowania aktywności enzymów hialuronidazy i elastazy [Nema i in. 2011].

W składzie kosmetyków kolorowych znajdziemy również surowce roślinne o działaniu ochronnym, które pełnią głównie rolę naturalnych filtrów przeciwsłonecznych. Przykładem jest ekstrakt z flebodium (*Polypodium leucotomos* L.), działający jak filtr przeciwsłoneczny dzięki obecności kwasów kawowego, ferulowego i chlorogenowego [Nestor i in. 2014].

Podsumowanie

Kosmetologia od zawsze wykorzystywała surowce roślinne do pielęgnacji i zdobienia twarzy i ciała. Wiedzę na temat różnorodnych właściwości ekstraktów roślinnych ludność pozyskiwała od początków swojego istnienia, przekazując ją następnym pokoleniom najpierw ustnie, a potem w formie spisanych receptur [Możdżeń i in. 2016]. Współczesna kosmetologia bardzo chętnie sięga po te stare receptury kosmetyków, opierające się głównie na surowcach pochodzenia roślinnego. Po okresie kiedy większość preparatów pielęgnacyjnych i wykorzystywanych do makijażu bazowałą na substancjach syntetycznych obecnie zauważalna jest tendencja powrotu do natury i czerpania z dobrodziejstw otaczającej nas przyrody. Trend ten bardzo wyraźnie zaznacza się również w ofercie marek produkujących kosmetyki do makijażu. Coraz częściej na opakowaniach produktów do makijażu widoczne są oznaczenia informujące o naturalnym, wegańskim czy zrównoważonym składzie.

Jedną z pierwszych marek produkujących kosmetyki do makijażu w 100% oparte na naturalnych surowcach pochodzenia roślinnego jest australijska firma NudebyNature. Receptury tych kosmetyków tworzone są bez stosowania zbędnych substancji chemicznych, syntetycznych i konserwujących, takich jak silikony, siloksany, ftalany, siarczany, politlenek etylenu i jego pochodne, triklosan, fenoksyetanol czy parabeny. Natomiast dodatwane są substancje aktywne o działaniu pielęgnacyjnym i przeciwstarzeniowym, pozyskiwane z roślin zasiedlających naturalne, dziewicze siedliska. Unikatowymi składnikami preparatów kosmetycznych są m.in. ekstrakt z owoców *Terminalia ferdinandiana*, *Santalum acuminatum*, *Syzygium luehmannii*, *Centipeda cunninghamii* i *Citrus glauca*. W recepturach kosmetyków do makijażu znajdują się również oleje pochodzenia roślinnego, takie jak olej awokado, jojoba czy masło shea [https://nudebynature.pl/pages/our-natural-philosophy].

Niezaprzeczalnie konsumenci coraz częściej sięgają i będą sięgać po takie właśnie kosmetyki, które są pozbawione substancji syntetycznych, a w ich składach przeważają naturalne surowce pochodzenia roślinnego. Dlatego konieczne jest uświadamianie społeczeństwa o korzyściach wynikających ze stosowania kosmetyków naturalnych, wegańskich i o zrównoważonym składzie, również tych do wykonywania makijażu. Ponadto dzięki obecności substancji aktywnych w swoim składzie kosmetyki te będą wykazywały również działanie pielęgnacyjne, w tym przeciwstarzeniowe.

Bibliografia

Angerhofer C.K., Maes D., Giacomoni P.U., 2008. Skin aging handbook. NY, USA.

Arct J., Mieloch M., 2016. β-Carotene in skin care. Pol. J. Cosmetol. 19(3), 206–221.

Baarda S., Halima N.B., Aloui F., Mansour R.B., Jabeur H., Bouaziz M., Sahnoun Z., 2016. Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. Lipids Health Dis. 15, 73–85. https://doi.org/10.1186/s12944-016-0237-0

Bayerl C., 2008. Beta-carotene in dermatology – does it help?. Acta Dermatoven. APA 17(4), 160–166.

Beveridge T., Li T.S.C., Oomah B.D., Smith A., 1999. Sea buckthorn products: manufacture and composition. J. Agric. Food Chem. 47, 3480–3488. https://doi.org/10.1021/jf981331m

Bocho-Janiszewska A., Dawidziuk M., 2013. Application of carrot macerate in self-tanning cosmetics. Towarozn. Problemy Jakości 4, 131–136.

Borowska S., Brzóska M.M., 2015. Metals in cosmetics: implications for human health. Appl. Toxicol. 35, 551–572. https://doi.org/10.1002/jat.3129

Butler H., 2013. Poucher's perfumes, cosmetics and soaps, 10th ed.. Springer, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2734-1

Çankaya I.I.T., 2018. Obtaining cosmetic raw materials from the natural resources of Turkey and getting tchem to the industry. Curr. Perspect. Med. Aroma. Plant. 2, 78–89.

Chaudhri S.K., Jain N.K., 2009. History of cosmetics. Asian J. Pharm. 3(3), 164–167. https://doi.org/10.22377/ajp.v3i3.260

Chowdhury M.M., 2002. Allergic contact dermatitis from prime yellow carnauba wax and coathylene in mascara. Contact Dermatitis 46(4), 244.

Chrząstek L., Dondela B., Deska M., 2015. Bezpieczne składniki kosmetyków – lipidy i ich pochodne. Pr. Nauk. Akad. im. Jana Długosza Częst., 3, 9–27. https://dx.doi.org/10.16926/tiib.2015.03.01

Coroneo M.T., Rosenberg M.L., Cheung L.M., 2006. Ocular effects of cosmetic products and procedures. Ocul. Surf. 4(2), 94–100. https://doi.org/10.1016/S1542-0124(12)70031-9

Darvin M.E., Sterry W., Lademann J., Vergou T., 2011. The role of carotenoids in human skin. Molecules 16(12), 10491–10506. https://doi.org/10.3390/molecules161210491

Deda A., Kajdan A., Pierzchała E., 2008. Alergia na konserwanty zawarte w kosmetykach. Dermatol. Estet. 10, 166–171.

Dyrektywa 93/35/EEC z dnia 14 czerwca 1993 r. zmieniająca po raz szósty dyrektywę 76/768/EWG w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do produktów kosmetycznych [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31993L0035&from=EN].

Gao Y., Kanengiser B.E., 2004. Categorical evaluation of the ocular irritancy of cosmetic and consumer products by human ocular instillation procedures. Int. J. Cosmet. Sci. 55, 317–325. https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2004.00245_1.x

Gupta A., Miller P.J., 2019. Management of lip complications. Facial Plast. Surg. Clin. North Am. 27(4), 565–570. https://doi.org/10.1016/j.fsc.2019.07.011

Hamilton T., de Gannes G., 2011. Allergic contact dermatitis to preservatives and fragrances in cosmetics. Skin Therapy Letter 16(4), 1–4.

Hepp N.M., Mindak W.R., Gasper J.W., Thompson C.B., Barrows J.N., 2014. Survey of cosmetics for arsenic, cadmium, chromium, cobalt, lead, mercury, and nickel content. J. Cosmet. Sci. 65, 125–145.

Hlava B., Starý F., Pospišil F., 1984. Rośliny kosmetyczne. PWRiL, Warszawa.

https://nudebynature.pl/pages/our-natural-philosophy

Huynh A., Maktabi B., Reddy C.M., O'Neil G.W., Chandler M., Baki G., 2020. Evaluation of alkenones, a renewably sourced, plant-derieved wax as a structuring agent for lipsticks. Int. J. Cosmetic Sci. 42(2), 146–155. http://doi.org/10.1111/ics.12597

Kacalak-Rzepka A., Bielecka-Grzela S., Różewicka-Czabańska M., Maleszka R., Klimowicz A., 2010. Nadwrażliwość kontaktowa na wybrane składniki kosmetyków oraz inne alergeny wśród kosmetyczek i studentek kosmetologii. Post. Dermatol. Alergol. 27(5), 400–405.

Kadu M., Vishwasrao S., Singh S., 2015. Review on natural lip balm. Inter. J. Res. Cosmetic Sci. 5(1), 1–7.

Kotnala A., Verma K., Sharma A., Parashar S., Rathi B., Kumar R., Chhikara B.S., Singh J., 2019. Indian medicinal plants for skin care and cosmeceuticals: a review. J. Biomed. Ther. Sci. 6(2), 24–60.

Krysztofiak K., 2015. Wpływ kosmetyków na powierzchnię oka i soczewek kontaktowych. Ophtha Therapy 2(6), 156–161.

López-Agüero, L.C., Stella, A.M., 2007. Aesthetic dermatology through the time. Rev. Argent. Dermatol. 88(4), 227–233.

Malik A., Claoué C., 2012. Transport and interaction of cosmetic product material within the ocular surface: Beauty and beastly symp-toms of toxic tears. Contact Lens and Anterior Eye 35(6), 247–259. https://doi.org/10.1016/j.clae.2012.07.005

Mehta S.S., Reddy N., Siva B., 2003. Cosmetic dermatitis – current perspectives. Int. J. Dermatol. 42, 533–42. https://doi.org/10.1046/j.1365-4362.2003.01786.x

Mohiuddin A.K., 2019. An extensive review of face powder formulation considerations. J. Derm. Dermatitis 4(2), 60–78.

Możdżeń K., Barabasz-Krasny B., Szymacha K., Oliwa J., 2016. Rośliny wykorzystywane w maskach kosmetycznych. Pol. J. Cosmetol. 19(4), 372–379.

Murube J., 2013. Ocular cosmetics in modern times. Ocul. Surf. 11(2), 60–64. https://doi.org/10.1016/j.jtos.2013.01.005

Nakić S.N., Rade D., Škevin D., Štrucelij D., Mokrovčak Z., Bartolić M., 2006. Chemical characteristics of oils from naked and husk seeds of *Cucurbita pepo* L. Eur. J. Lipid Sci. Tech. 108(11), 936–43. https://doi.org/10.1002/ejlt.200600161

Nema N.K., Maity N., Sarkar B., Mukherjee P.K., 2011. *Cucumis sativus* fruit-potential antioxidant, anti-hyaluronidase, and anti-elastase agent. Arch. Dermatol. Res. 303, 247–252. https://doi.org/10.1007/s00403-010-1103-y

Nestor M., Bucay V., Callender V., Cohen J.L., Sadick N., Waldorf H., 2014. *Polypodium leucotomos* as adjunct treatment of pigmentary disorders. J. Clin. Aesthet. Dermatol. 7(3), 13–17.

Ng A., Evans K., North R., Purslow C., 2012. Eye cosmetic usage and associated ocular comfort. Ophthalmic Physiol. Opt. 32(6), 501–507. https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2012.00944.x

Nigam P.K., 2009. Adverse reactions to cosmetics and methods of testing. Indian J. Venerol. Leprol. 75(1), 10–19.

Oumeish Y.O., 2001. The cultural and philosophical concepts of cosmetics in beauty and art through the medical history of mankind. Clin. Dermatol. 19(4), 375–386.

Parish L.C., Crissey J.T., 1988. Cosmetics: A historical review. Clin. Dermatol. 6(3), 1–4. https://doi.org/10.1016/0738-081X(88)90024-7

Procida G., Stancher B., Cateni F., Zacchigna M., 2013. Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. J. Sci. Food Agric. 93(5), 1035–1041. https://doi.org/10.1002/jsfa.5843

Rastogi S., Johansen J., Menne T., 1996. Natural ingredients based cosmetics. Content of selected fragrance sensitizers. Contact Dermatitis 34(6), 423–426. https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1996.tb02246.x

Rudzki E., 2008. Alergeny. Wyd. Medycyna Praktyczna, Kraków.

Semwal R.B., Semwal D.K., Combrinck S., Cartwright-Jones C., Vilijoen A., 2014. *Lawsonia inermis* L. (henna): Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological aspects. J. Ethnopharmacol. 155(1), 80–103. https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.042

Shebaby W.N., Costantine F., Daher C.F., El-Sibai M., Bodman-Smith K., Mansour A., Karam C., Mroueh M., 2015. Antioxidant and hepatoprotective activities of the oil fractions from wild carrot (*Daucus carota* ssp. *carota*). Pharm. Biol. 5(9), 1285–1294. https://doi.org/10.3109/13880209.2014.976349

Sieczyńska K., Krępska M., Lasoń-Rydel M., Jagiełło J., Rutowicz J., 2020. Stężenia wybranych metali ciężkich w produktach kosmetycznych stosowanych do makijażu oczu. Przem. Chem. 99(4), 613–616. http://doi.org/10.15199/62.2020.4.20

Siti Zulaikha R., Sharifah Norkhadijah S.I., Praveena S.M., 2015. Hazardous ingredients in cosmetics and personal care products and health concern: A review. Public Health Res. 5, 7–15.

Szczygieł-Rogowska J., Tomalska J., 2007. Historia kosmetyki w zarysie. Z dziejów kosmetyki i sztuki upiększania od starożytności do poł. XX w. Wyższa Szkoła Kosmetologii i Ochrony Zdrowia, Białystok.

Toro-Vazquez J.F., Charó-Alonso M.A., Pérez-Martínez J.D., Morales-Rueda J.A., 2011. Candelilla wax as an organogelator for vegetable oils–an alternative to develop *trans*-free products for the food industry. W: A.G. Marangoni, N. Garti (red.), Edible oleogels. AOCS Press, Urbana, IL, 119–147. https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-1-8.50009-7

Velázquez-Pereda M.C., De Campos-Dieamant G., Eberlin S., Nogueira C., Colombini D., Di Stasi L.C., De Souza-Queiroz M.L., 2009. Effect of green *Coffea arabica* L. seed oil on extracellular matrix components andwater-channel expression *in vitro* and *ex vivo* human skin models. J. Cosmet. Dermatol. 8, 56–62. https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2009.00425.x

Weiberg E., 2013. Psychospołeczne aspekty dermatologii estetycznej. W: L. Baumann, K. Padlewska (red.), Dermatologia estetyczna. PZWL, Warszawa.

Witkowski J.A., Parish L.C., 2001. You've come a long way baby: a history of cosmetic lead toxicity. Clinic. Dermat. 19, 367–370.

Yang B., Kalimo K.O., Mattila L.M., Kallio J.K., Katajisto J.K., Peltola O., Kallio H.P., 1999. Effects of dietary supplementation with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed and pulp oils on atopic dermatitis. J. Nutr. Biochem. 10, 622–630. https://doi.org/10.1016/S0955-2863(99)00049-2

Streszczenie: Naturalne surowce pochodzenia roślinnego były wykorzystywane już przez ludzi pierwotnych, a także w starożytności do zdobienia ciała. W recepturach kosmetyków do makijażu substancje te zostały zastąpione syntetycznymi wraz z dynamicznym rozwojem tej gałęzi przemysłu kosmetycznego w XIX i XX w. Obecnie obserwowany jest powrót tendencji zmierzającej do całkowitej eliminacji substancji syntetycznych i zastąpienia ich naturalnymi substratami pochodzenia roślinnego. Receptury kosmetyków do makijażu tworzone na bazie substancji pochodzenia roślinnego, oprócz funkcji upiększającej, posiadają dodatkowo właściwości pielęgnacyjne. Ponadto produkcja preparatów kosmetycznych naturalnych, wegańskich i o zrównoważonych składach sprawia, że cieszą się one większym zainteresowaniem konsumentów. Celem pracy było przedstawienie najczęściej wykorzystywanych surowców roślinnych w kosmetykach do wizażu na przestrzeni wieków i współcześnie.

Słowa kluczowe: naturalne kosmetyki do wizażu, roślinne substancje aktywne, rośliny w kosmetykach, kosmetyki dawniej i dziś

Właściwości oraz wykorzystanie karotenoidów w kosmetologii – od historii do nowoczesnych zastosowań

Katarzyna Rubinowska[1], Agnieszka Szczurowska[1],
Renata Matraszek-Gawron[1], Barbara Hawrylak-Nowak[1]✉

Terminem „karotenoidy" określa się grupę różnorodnych niepolarnych bezazotowych związków organicznych, pochodnych węglowodorów nienasyconych, które są syntetyzowane przez rośliny, grzyby i bakterie. Karotenoidy nie są syntetyzowane przez zwierzęta, z wyjątkiem kilku gatunków mszyc, dlatego muszą być dostarczane do ich organizmów wraz z pożywieniem [Eggersdorfer i Wyss 2018]. Dzięki unikalnym właściwościom chemicznym i fizycznym mogą one pełnić wiele różnorodnych funkcji w organizmach, które je produkują lub konsumują. Związki te należą do izoprenoidów i dzielą się na dwie grupy: karoteny, czyli węglowodory o wzorze sumarycznym $C_{40}H_{56}$, oraz ksantofile, które są tlenowymi pochodnymi karotenów [Igielska-Kalwat i in. 2012]. Wśród ksantofili luteina i zeaksantyna w swojej strukturze zawierają grupy –OH, kantaksantyna i echinenon zawierają grupy =O, natomiast astaksantyna posiada zarówno grupy –OH, jak i =O [Sathasivam i Ki 2018]. Większość karotenoidów składa się z ośmiu jednostek izoprenowych o 40-węglowym szkielecie. W naturze występuje około 850 barwników tego typu, z czego większość w organizmach roślinnych [Maoka 2020].

Karotenoidy działają przede wszystkim jako antyoksydanty, ale mogą również oddziaływać poprzez inne mechanizmy. Na przykład β-karoten pełni funkcję prowitaminy A, podczas gdy luteina i zeaksantyna, obecne w plamce żółtej oka, chronią siatkówkę przed fotodegradacją [Eggersdorfer i Wyss 2018]. Karotenoidy należą do grupy związków bardzo wartościowych również pod względem właściwości ochronnych i pielęgnacyjnych, dzięki czemu znajdują szereg zastosowań w produktach kosmetycznych, nutrikosmetykach oraz kosmeceutykach. Pochłaniają one nadmiar promieniowania ultrafioletowego (UV), neutralizują reaktywne formy tlenu (RFT) oraz nadają skórze atrakcyjny koloryt [Igielska-Kalwat i in. 2012]. Mechanizm działania przeciwzmarszczkowego oraz przeciwstarzeniowego tych związków polega na stymulacji fibroblastów do syn-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ barbara.nowak@up.lublin.pl

tezy kolagenu i elastyny, co powoduje wygładzenie zmarszczek. Karotenoidy wpływają także na redukcję ilości melanocytów oraz melaniny – zapobiegając powstawaniu zmian pigmentacyjnych [Janiczek i Ruprich 2017]. Wykazują także działanie przeciwtrądzikowe, gdyż normalizują pracę gruczołów łojowych, przyśpieszają oczyszczanie mieszków włosowych oraz stymulują proces złuszczania naskórka [Sathasivam i Ki 2018].

Nutrikosmetyki stanowią nową kategorię produktów i są preparatami specjalnego przeznaczenia (suplementy diety), w których składzie znajdują się substancje bioaktywne, mogące wpływać na procesy fizjologiczne zachodzące w skórze i jej wytworach [Grzyb i in. 2019]. Termin „nutrikosmetyki" odnosi się do doustnie przyjmowanych produktów zawierających składniki żywności (np. witaminy, peptydy, polifenole, koenzym Q10, wielonienasycone kwasy tłuszczowe i karotenoidy) w celach kosmetycznych [Meléndez-Martínez i in. 2019]. W zależności od wymagań skóry opracowano różne nutrikosmetyki mające na celu redukcję zmarszczek i zapobieganie jej starzeniu się. Preparaty te pełnią funkcję antyoksydacyjną, głównie dzięki obecności aktywnych przeciwutleniaczy, jakimi są m.in. karotenoidy [Bin-Jumah i in. 2021]. Najważniejszymi przeciwutleniaczami z grupy karotenoidów stosowanymi w nutrikosmetykach są luteina, zeaksantyna, β-karoten, likopen i astaksantyna [Anunciato i da Rocha Filho 2012]. Z kolei pojęcie kosmeceutyków jako pierwszy w 1984 r. przedstawił Albert Kligman. Zgodnie z jego koncepcją kolor skóry można zmieniać poprzez stosowanie tych preparatów miejscowo, a produktów tych nie można zakwalifikować ani do kategorii leków, ani kosmetyków [Bin-Jumah i in. 2021]. Jednak termin ten dotychczas nie ma ujednoliconej definicji i ugruntowania prawnego.

Ostatnie badania wykazały, że efektywnie absorbujące promieniowanie UV bezbarwne karotenoidy – fitoen i fitofluen, które są związkami powszechnie występującymi w produktach spożywczych (pomidorach, marchwi, cytrusach i ich pochodnych), łatwo biodostępnymi (są obecne jako główna grupa karotenoidów w osoczu, mleku ludzkim, skórze) – przejawiają szereg działań prozdrowotnych [Meléndez-Martínez i in. 2019]. Sugeruje się, że mogą one pełnić korzystne funkcje prozdowotne powszechnie kojarzone z likopenem [Engelmann i in. 2011]. Ponadto fitoen i fitofluen są bardzo ważne z biosyntetycznego punktu widzenia, ponieważ są prekursorami pozostałych karotenoidów [Rodriguez-Concepcion i in. 2018]. Chociaż prozdrowotna rola tych związków jest dotychczas najmniej poznana, głównie ze względu na trudności w oznaczaniu spowodowane brakiem koloru, coraz więcej dowodów naukowych wskazuje na to, że wpływ ten może być istotny i należy mu poświęcić należytą uwagę [Meléndez-Martínez i in. 2019].

Karotenoidy są coraz częściej włączane do produktów kosmetycznych w celu nadania im korzystnych właściwości, jakie posiadają naturalne składniki żywności. Ze względu na zalecenie wdrożenia gospodarki o obiegu zamkniętym, podejścia do wzrostu gospodarczego zgodnego ze zrównoważonym rozwojem środowiskowym i gospodarczym, duża liczba odpadów przemysłu spożywczego jest odzyskiwana jako produkty o wartości dodanej w innowacyjnych procesach ekstrakcji, do włączenia m.in. do kosmetyków oraz nutrikosmetyków. Jest to nowy, interesujący trend w przemyśle kosmetycznym [Faria-Silva i in. 2020].

Celem pracy było zebranie i przedstawienie najnowszych informacji związanych z właściwościami oraz możliwościami wykorzystania karotenoidów w przemyśle kosmetycznym. Ze względu na najbardziej znaczące właściwości prozdrowotne i pielęgnacyjne najwięcej uwagi poświęcono β-karotenowi, likopenowi, luteinie, zeaksantynie i astaksantynie.

Historia karotenoidów

Karotenoidy są uznawane za jedne z najstarszych molekuł budujących organizmy żywe. Wyizolowano je z komórek archeonów, które pochodzą sprzed 3 mld lat, gdzie zlokalizowano je w błonach komórkowych, w których spełniały funkcje wzmacniające i stabilizujące. Mogą pełnić tę funkcję dzięki temu, że ich długie cząsteczki mają niezwykle sztywny i stabilny szkielet, zapewniony przez liniowy łańcuch składający się zwykle z 10 do 11 sprzężonych wiązań C=C w konfiguracji *trans* – długości odpowiadającej grubości strefy hydrofobowej błony komórkowej, przez którą przenikają jako „molekularne nity" [Vershinin 1999]. W drodze ewolucji funkcje i role karotenoidów w komórce ulegały zmianom. Dzięki swojej specyficznej budowie chemicznej, stały się barwnikami wykazującymi aktywność fotosyntetyczną, a także zaczęły pełnić rolę fotoochronną, by wreszcie nadawać tkankom również kolor, aromat i smak. Chociaż silne właściwości przeciwutleniające i niekiedy stymulujące układ odpornościowy karotenoidów mogą być na tyle korzystne, że powodują ewolucję cech związanych z ich zwiększonym przyswajaniem i akumulacją, jednak związki te mogą posiadać również pewne wady pomagające wyjaśnić, dlaczego ich masowe magazynowanie nie jest uniwersalne wśród organizmów [Babin i in. 2019]. Ich prozdrowotne właściwości po raz pierwszy odkryto w starożytnym Egipcie i Grecji, gdzie tzw. „kurzą ślepotę" leczono, dostarczając organizmowi odpowiednie dawki witaminy A, której doskonałym źródłem jest wątroba ssaków lub ryb [Vershinin 1999].

Pomimo wykorzystywania specyficznych właściwości karotenoidów już w starożytności szczegółowe badania nad ich izolacją, syntezą i pełnionymi funkcjami zintensyfikowano w ciągu ostatnich 200 lat. Współcześnie badania nad wykorzystaniem ich funkcji w wielu gałęziach przemysłu mają charakter multidyscyplinarny i możliwe są głównie dzięki szybkiemu rozwojowi technologii i analityki badawczej. Zia-Ul-Haq i in. [2021] dzielą badania nad karotenoidami na 5 okresów historycznych: 1700–1900 – odkrycie karotenoidów, ich pierwsza ekstrakcja i pomiary absorpcji światła; 1901–1927 – określenie wzorów strukturalnych pierwszych karotenoidów; 1928–1949 – poznanie funkcji β-karotenu oraz roli w biosyntezie witaminy A, a także identyfikacja i określenie funkcji biologicznej ok. 80 innych karotenoidów; 1950–2000 – początek badań interdyscyplinarnych, które umożliwiły poznanie genetycznego podłoża biosyntezy karotenoidów; 2001–2020 – komercyjne wykorzystanie syntetycznych i naturalnych karotenoidów w wielu gałęziach przemysłu oraz intensyfikacja badań dotyczących ich potencjalnego zastosowania w farmacji i kosmetologii.

Po raz pierwszy karotenoidy zidentyfikowali w korzeniu marchwi dwaj francuscy chemicy Edme Jean Baptiste Bouillon-Lagrange i Nicolas Louis Vauquelin. Kolejne badania prowadzone przez Wasa Braconnota dotyczyły izolacji karotenoidów z owoców papryki. Natomiast po raz pierwszy wyizolowano karotenoidy z organizmu zwierzęcego w 1823 r., a badania te dotyczyły krabów i prowadzone były przez Goebla. Termin „karoten" wprowadził niemiecki farmaceuta Heinrich Wilhelm Ferdinand Wackenroder Wachen, który użył go do opisania barwników znajdujących się w korzeniu marchwi. Kolejne badania dotyczyły karotenoidów, których obecność obserwowano w liściach, które jesienią zmieniały kolor. Berzelius w 1843 r. po raz pierwszy nazwał je „ksantofilami". W 1907 r. Willstatter po raz pierwszy określił dokładną budowę chemiczną karotenoidów i dokonał podziału tych związków na karoteny i ksantofile. W tym samym czasie badania nad barwnikami prowadził rosyjski botanik Tswett, któremu po raz pierwszy udało się wyizolować te związki metodą chromatografii bibułowej i kolumnowej. To właśnie on po raz pierwszy użył określenia „karotenoidy" w odniesieniu do wszystkich barwników, klasyfikowanych zarówno jako karoteny, jak i ksantofile. Ogromny wkład w znajomość syntezy, właściwości i budowy karotenoidów mieli również Paul Karrer i Richard Kühn, którzy za swoje osiągnięcia kolejno w 1937 i 1938 r. otrzymali nagrodę Nobla w dziedzinie chemii [Zia-Ul-Haq i in. 2021].

Kolejnym ważnym przełomem w historii karotenoidów, który wprowadził je do przemysłu, było rozpoczęcie masowej produkcji syntetycznego β-karotenu, co udało się szwajcarskiej firmie Hoffmann-La Roche w 1954 r. W kolejnych latach wspomniana firma wprowadziła na rynek nowe syntetyczne karotenoidy,

które stosowano głównie w celu nadania odpowiedniego koloru produktom spożywczym i paszom. Natomiast badania prowadzone od 1981 r. wykazały, że spożywanie produktów bogatych w karotenoidy może zmniejszać ryzyko chorób, a zwłaszcza niektórych nowotworów [Langi i in. 2018, Zia-Ul-Haq i in. 2021]. Od tego czasu popularność karotenoidów systematycznie rosła. Początkowo wykorzystywano je jako dodatek do żywności, który nie tylko wpływał na walory dekoracyjne i smakowe, ale również wykazywał działanie prozdrowotne. Obecnie karotenoidy wykorzystywane są w wielu gałęziach przemysłu, również jako suplementy diety i substancje bioaktywne w szeroko pojętej kosmetologii.

Fotoprotekcyjne właściwości karotenoidów

Chroniczna i nadmierna ekspozycja na światło słoneczne, w szczególności na promieniowanie UV, może prowadzić do nadwrażliwości, oparzeń słonecznych, fotostarzenia, efektów immunosupresyjnych, łącznie z negatywnymi skutkami zdrowotnymi i estetycznymi [Meléndez-Martínez i in. 2019]. Zjawisko fotostarzenia jest związane z występowaniem stresu oksydacyjnego w skórze właściwej oraz w naskórku [Terao i in. 2010]. W wyniku tego procesu obserwuje się nasilenie elastozy, szorstkości skóry, powstawanie bruzd i zmarszczek związane z mechanizmami delecji mitochondrialnej oraz przebudowy macierzy zewnątrzkomórkowej za pośrednictwem metaloproteinaz macierzy, które powodują uszkodzenie włókien kolagenowych i elastynowych [Bosch i in. 2015]. Inne cechy fotostarzenia to zmiany barwnikowe („plamy starcze", piegi lub rogowacenie słoneczne i łojotokowe), teleangiektazje (poszerzenie i deformacja drobnych naczyń włosowatych skóry), suchość i obniżona sprężystość skóry. Oznaki fotostarzenia są bardziej intensywne w miejscach częściej narażonych na promieniowanie UV, takich jak twarz, szyja, przedramiona lub wierzchnia część ręki [Rittie i in. 2015]. Ponadto wiele chorób skóry, włączając w to rozwój raka skóry, powstaje w wyniku procesów patologicznych wywołanych uszkodzeniami fotooksydacyjnymi [Bosch i in. 2015].

Karotenoidy chronią skórę przed uszkodzeniami słonecznymi, rumieniem oraz nadmierną pigmentacją [Baswan i in. 2020]. Uważa się, że u podstaw ochronnego działania karotenoidów leży wychwytywanie i neutralizacja RFT. Należy jednak zaznaczyć, że fotoprotekcja zapewniona przez poszczególne składniki diety, takie jak β-karoten czy likopen, pod względem współczynnika ochrony przeciwsłonecznej jest znacznie niższa niż przy stosowaniu miejscowych filtrów przeciwsłonecznych [Stahl i Sies 2012]. Ponadto wykazano, że karotenoidy stosowane miejscowo są znacznie mniej stabilne niż karotenoidy

obecne w skórze, włączone do niej dzięki diecie i gromadzone jako mieszanina z innymi substancjami przeciwutleniającymi [Darvin i in. 2011]. Badania wskazują, że potrzeba około 7–10 tygodni, zanim ochrona przed oparzeniami słonecznymi uzyskana dzięki spożywaniu produktów zawierających te związki stanie się istotna [Stahl i Sies 2012]. Wykazano, że β-karoten skutecznie chroni skórę przed fotouszkodzeniami wywoływanymi przez promieniowanie widzialne i podczerwone oraz może być wykorzystywany jako skuteczny przeciwutleniacz w filtrach przeciwsłonecznych [Freitas i in. 2019]. Jednak należy zaznaczyć, że karotenoidy są związkami bardzo niestabilnymi i należy uwzględnić strategie przezwyciężenia tego faktu podczas tworzenia receptur produktów kosmetycznych zawierających karotenoidy. W tym kontekście, oceniając w badaniach miejscową fotoprotekcję β-karotenu, zalecono, aby produkty przeznaczone do stosowania miejscowego składały się z mieszaniny antyoksydantów odzwierciedlających te obecne w skórze, a nie pojedynczych przeciwutleniaczy [Darvin i in. 2011b]. Przykładem preparatów zawierających tego typu mieszaninę karotenoidów są niektóre oleje roślinne, które mogą być stosowane miejscowo. Oprócz karotenoidów zawierają one wielonienasycone kwasy tłuszczowe, które dodatkowo pozytywnie wpływają na kondycję skóry. Badania przeprowadzone przez Michalak i in. [2018] wykazały, że wśród analizowanych olejów roślinnych (rokitnikowego, marchwiowego, nagietkowego, z nasion dyni) największy potencjał fotoprotekcyjny może mieć olej z owoców rokitnika, który zawiera wysokie stężenia karotenoidów.

W skórze karotenoidy gromadzą się głównie w naskórku, działając m.in. jako bariera ochronna przed negatywnym wpływem różnorodnych czynników środowiskowych [Balić i Mokos 2019]. Karotenoidy zapobiegają przedwczesnemu fotostarzeniu się skóry, na które składają się np. nadmierna pigmentacja, powstawanie zmarszczek oraz obniżona elastyczność. Aktywność ta jest przypisywana m.in. zdolności karotenoidów do neutralizacji tlenu singletowego ($^1O_2$) [Terao i in. 2010], który jest nierodnikową reaktywną formą tlenu na najniższym stanie wzbudzonym. Zdolność tych związków do neutralizacji tlenu singletowego jest dużo wyższa niż ta notowana dla α-tokoferolu czy innych antyoksydantów pochodzenia naturalnego [Di Mascio i in. 1989], co stanowi ich unikalną charakterystyczną cechę. Stwierdzono, że skóra zawiera więcej likopenu i β-karotenu (karoteny) niż luteiny i zeaksantyny (ksantofile). To właśnie karotenoidy węglowodorowe z grupy karotenów zasadniczo chronią skórę przed słońcem [Scarmo i in. 2010]. Wskazuje się również na synergistyczne oddziaływanie karotenoidów i związków polifenolowych w zapobieganiu uszkodzeniom komórek skóry wywołanych promieniowaniem UV [Calniquer i in. 2021]. Ponadto podwyższony poziom likopenu w skórze zapobiega jej szorstkości [Eicker i in.

2003, Darvin i in. 2008]. Wykazano również, że karotenoidy wykazują zdolność do naprawy i odbudowy uszkodzonych pod wpływem promieniowania UV włókien kolagenowych i elastynowych. Ponadto hamują aktywność kolagenozy i elastazy – enzymów związanych z degradacją kolagenu i elastyny [Janiczek i Ruprich 2017].

Skuteczne może okazać się również stosowanie karotenoidów w filtrach przeciwsłonecznych jako stabilizatorów działających antyoksydacyjnie. Oprócz wpływu na ochronę skóry przed szkodliwym działaniem RFT, karotenoidy znacznie wydłużają trwałość preparatów kosmetycznych. Są również skutecznymi związkami przeciwstarzeniowymi, a ich wysokie stężenia sprawiają, że skóra staje się grubsza, bardziej elastyczna i mniej podatna na powstawanie zmarszczek [Darvin i in. 2011a].

Coraz więcej danych wskazuje także na fotoprotekcyjne działanie bezbarwnych karotenoidów (fitoen i fitofluen), chociaż aspekty mechanistyczne tego wpływu są nadal niejasne. Fitoen wykazuje maksimum absorpcji w zakresie promieniowania UV typu B (UV-B) – 280 nm $\leq \lambda <$ 315 nm, a fitofluen w zakresie ultrafioletowego typu A (UV-A) – 315 nm $\leq \lambda <$ 400 nm. W związku z tym bezbarwne karotenoidy mogą zapewniać fotoprotekcję poprzez absorpcję szkodliwego dla skóry promieniowania UV [Meléndez-Martínez i in. 2015]. Dodatkowo fitoen i fitofluen mogą chronić przed rumieniem skóry oraz uszkodzeniami DNA, powodowanymi przez promieniowanie UV i rodniki hydroksylowe oraz mogą mieć działanie przeciwzapalne [Von Oppen-Bezalel i Shaish 2009]. Wstępne wyniki badań nad możliwością ich zewnętrznego, miejscowego zastosowania wskazują na bezpieczeństwo aplikacji produktów bogatych w fitoen i fitofluen w zastosowaniach miejscowych u ludzi [Havas i in. 2018].

β-karoten

β-karoten należy do grupy karotenów i jest zbudowany z 40 atomów węgla, które połączone są 11 sprzężonymi i 2 niesprzężonymi podwójnymi wiązaniami. W jego budowie możemy ponadto wyróżnić dwa pierścienie β-jononu i 6 wiązań dodatkowych bocznych z grupami metylowymi [Han i in. 2012]. Swoją strukturą β-karoten przypomina aktywną formę witaminy A i również z tego powodu jest jej głównym prekursorem w organizmie [Staniszek i Goździcka-Józefiak 2008, Mączka i Wińska 2011]. Do syntezy witaminy A dochodzi na drodze enzymatycznej. W wyniku kolejno następujących po sobie reakcji cząsteczka β-karotenu jest przekształcana do dwóch cząsteczek retinalu, który następnie ulega redukcji do retinolu oraz kwasu retinowego, czyli aktywnej formy witami-

ny A. Witamina A w organizmach zwierząt syntetyzowana jest w wątrobie i co istotne proces jej syntezy przebiega tylko z taką intensywnością, jakie jest aktualne zapotrzebowanie organizmu. Dlatego β-karoten jest bezpieczną formą karotenu, a jego nadmiar gromadzi się w tkance podskórnej i jest wykorzystywany w przypadku niedoboru retinolu [Mączka i Wińska 2011].

Naturalny β-karoten po raz pierwszy został wyizolowany z marchwi przez Wackenrodera w 1931 r. Charakteryzuje się czerwono-pomarańczowym zabarwieniem i absorbuje światło o długości fali około 450 nm [Sies i Stahl 1995]. Oprócz korzenia marchwi, który jest jego najpopularniejszym źródłem, największa zawartość tego barwnika znajduje się w czerwonym oleju palmowym pozyskiwanym z olejowca gwinejskiego (*Elaeis guineensis*) [Sandmann 2014]. Ponadto jego bogatym źródłem pokarmowym są owoce i warzywa o ciemnym zabarwieniu, takie jak bataty, papryka czerwona, arbuz, morela, dynia, brzoskwinia, papaja, czerwony pieprz i zielone warzywa, np. brokuł, szpinak czy boćwina [Tanumihardjo 2012]. W 1950 r. po raz pierwszy udało się stworzyć pierwszą syntetyczną formę β-karotenu, a od 1954 r. był on produkowany na skalę przemysłową jako barwnik o szerokim zastosowaniu w wielu gałęziach przemysłu [Sies i Stahl 1995, Han i in. 2012]. W skład suplementów diety mogą wchodzić zarówno syntetyczne, jak i naturalne karoteny. Jedynym syntetycznym karotenem wchodzącym w skład suplementów jest β-karoten. Natomiast wśród pozostałych stosowanych karotenów pochodzenia naturalnego, oprócz β-karotenu, znajdują się również inne barwniki należące do tej grupy. Przy czym należy dodać, że naturalny β-karoten jest od 4 do 10 razy bardziej biodostępny niż syntetyczny i posiada silniejsze właściwości antyoksydacyjne. Natomiast duże dawki syntetycznego β-karotenu blokują przyswajanie innych karotenoidów i mogą prowadzić do zaburzeń zdrowotnych [Góralczyk 2007].

β-karoten charakteryzuje się wieloma właściwościami prozdrowotnymi, do których zaliczyć można m.in. pozytywny wpływ na funkcjonowanie systemu immunologicznego i narządu wzroku, opóźnianie procesów starzenia i redukcję ilości komórek nowotworowych w organizmie, ochronę wyściółki przewodu pokarmowego i dróg oddechowych przed infekcjami, obniżanie poziomu cholesterolu, zapobieganie rozedmie płuc i bronchitowi oraz sprzyjanie prawidłowemu rogowaceniu nabłonków [Luo i in. 2009]. Związek ten stosowany jest w leczeniu schorzeń związanych z nadwrażliwością na światło takich jak: pokrzywka słoneczna, wielopostaciowe osutki świetlne, opryszczka ospówkowata, toczeń rumieniowaty oraz reakcje fotoalergiczne i fototoksyczne, które są powodowane przyjmowaniem leków zawierających składniki światłouczulające [Wertz i in. 2004]. β-karoten jest również wykorzystywany w leczeniu fotodermatoz ze względu na zdolność do wygaszania tlenu singletowego, który jest

głównym czynnikiem nasilającym ich objawy [Igielska-Kalwat i in. 2012]. Jego silne właściwości przeciwutleniające (wykazuje wyższą aktywność antyoksydacyjną niż witaminy C i E), wpływają na zdolność do hamowania procesu peroksydacji lipidów poprzez wchodzenie w reakcje z powstającymi rodnikami organicznymi [Gryszczyńska i in. 2011]. Związek ten jest również powszechnym składnikiem suplementów diety, w których najczęściej stosowany jest jako skuteczny i stabilny antyoksydant, opóźniający procesy starzenia się skóry i chroniący organizm przed promieniowaniem UV [Wertz i in. 2004, Luo i in. 2009]. β-karoten wpływa również na budowę i funkcje skóry poprzez warunkowanie wzrostu nabłonka oraz przeciwdziałanie złuszczaniu naskórka. Przyspiesza także procesy regeneracyjne, przeciwdziała rozwojowi zmian nowotworowych i chroni przed szkodliwym wpływem czynników zewnętrznych [Igielska-Kalwat i in. 2012].

β-karoten jest popularnym składnikiem kosmetyków, możemy go znaleźć w recepturach środków do mycia i kąpieli, szamponów i odżywek do włosów, preparatów do pielęgnacji twarzy i ciała, zwłaszcza o działaniu przeciwstarzeniowym. Ze względu na swoje fotoprotekcyjne właściwości bardzo często jest składnikiem preparatów do opalania, w których wykazuje również działanie zmniejszające wrażliwość skóry na poparzenia słoneczne [Rivera i Canela-Garayoa 2012]. Chociaż jego współczynnik ochrony przeciwsłonecznej jest stosunkowo niski (SPF = 2), wykazano, że stosowanie preparatów z β-karotenem przed ekspozycją na działanie promieni słonecznych zmniejsza ryzyko wystąpienia oparzeń skóry u osób zdrowych [Ziemlański 2001, Gryszczyńska i in. 2011]. Ponadto stosowany jest również w kremach samoopalających jako barwnik nadający skórze złocisty kolor. Jedną z najczęściej wykorzystywanych właściwości β-karotenu w kosmetykach pielęgnacyjnych jest jego działanie przeciwstarzeniowe, mające znaczenie w kremach i serach przeznaczonych do cery dojrzałej i starzejącej się. Natomiast ze względu na zdolność do regulacji poziomu sebum i właściwości zmiękczające naskórek jest cenionym składnikiem kosmetyków do cery trądzikowej. Ponadto stosowany jest w preparatach kosmetycznych przeciwdziałających nadmiernej keratynizacji [Gryszczyńska i in. 2011]. Niezależnie od formy kosmetyku zawierającego β-karoten należy pamiętać, że przy dłuższym stosowaniu tego barwnika w ilości 30 mg/dzień może dojść do hiperkarotenodermii, której objawem jest odwracalne zabarwienie skóry na żółto, spowodowane odkładaniem się nadmiaru barwnika w warstwie rogowej naskórka [Čabrić i Pokrywka 2010].

Likopen

Likopen pod względem chemicznym klasyfikowany jest jako nienasycony węglowodór alifatyczny, zbudowany z 8 reszt izoprenowych tworzących łańcuch węglowy o 40 atomach węgla (C40), połączonych 11 sprzężonymi i 2 niesprzężonymi wiązaniami podwójnymi. Zawarte w jego strukturze wiązania podwójne mogą ulegać izomeryzacji pod wpływem światła, temperatury lub reakcji chemicznych [Shi i in. 2008], co skutkuje mnogością form w jakich może występować likopen. Najczęściej spotykaną i jednocześnie najbardziej stabilną formą jest izomer *all-trans* likopenu, ale powszechne są również formy 5-*cis*, 9-*cis*, 13-*cis* i 15-*cis* [Shi i in. 2008]. Likopen charakteryzuje się intensywnym czerwonym zabarwieniem, za które odpowiadają sprzężone wiązania podwójne w cząsteczce barwnika, wpływające na zdolność do pochłaniania określonych zakresów światła widzialnego [Gärtner i in. 1997]. Likopen syntetyzowany jest w komórkach roślin i mikroorganizmów. Natomiast ani człowiek, ani zwierzęta nie mają możliwości samodzielnej syntezy likopenu, w związku z tym musi on być dostarczany z zewnątrz, z pożywieniem lub jako suplement diety. Najbardziej popularnym jego źródłem są pomidory, występuje on także powszechnie w wielu czerwonych owocach i warzywach, np. w arbuzach, różowych grejpfrutach, papajach, morelach, a także w niektórych gatunkach alg oraz grzybów. Co istotne, likopen bardzo dobrze rozpuszcza się w tłuszczach, które dodatkowo wpływają na jego większą bioprzyswajalność, dlatego polecane jest jego dostarczanie z naturalnych źródeł raczej w formie przetworzonej niż w postaci surowych owoców lub warzyw [Berman i in. 2015]. Uważany jest za najbardziej skuteczny dietetyczny karotenoid pod względem zdolności do neutralizacji tlenu singletowego w rozpuszczalnikach organicznych. Jego skuteczność w tym zakresie jest większa niż wszystkich karotenoidów C40 i dwukrotnie większa niż β-karotenu. Chociaż niektóre badania wskazują, że likopen jest tylko nieco bardziej efektywny niż β-karoten [Balić i Mokos 2019].

Poziom likopenu w organizmie człowieka mieści się w zakresie od 50 do 90 nmol/l i zależny jest od czynników ogólnoustrojowych oraz od prowadzonego trybu życia. Przyjmuje się, że ze wszystkich karotenoidów występujących w organizmie człowieka, zawartość likopenu jest największa i stanowi ok. 30% [Shi i in. 2008]. Likopen charakteryzuje się licznymi właściwościami prozdrowotnymi, chroni m.in. organizm przed chorobami kardiologicznymi (zawał serca, miażdżyca, choroba niedokrwienna serca) oraz przed rozwojem nowotworów (przełyku, żołądka, okrężnicy i odbytnicy, jamy ustnej, gardła i pęcherza moczowego) [Turski i Więcławek 1952]. Ponadto likopen zmniejsza poziom stresu oksydacyjnego w organizmie poprzez swoje dwutorowe działanie. Po pierwsze

neutralizuje RFT, które mogą uszkadzać DNA, a po drugie reguluje mechanizmy naprawcze DNA [Brady i in. 1992, Islamin i Mehrali 2015]. Likopen wpływa pobudzająco na komunikację międzykomórkową, indukuje apoptozę oraz wpływa na system immunologiczny organizmu poprzez stymulację produkcji komórek obronnych [Rao i Agarwal 2000]. Barwnik ten obecny jest również w skórze, zwłaszcza w warstwie rogowej, w której lokalizuje się ze względu na najwyższą, w porównaniu z innymi karotenoidami, hydrofobowość i rozpuszczalność w tłuszczach. Badania dowodzą, że jego stężenie w skórze jest dwukrotnie wyższe niż stężenie β-karotenu i kilkadziesiąt razy wyższe niż ksantofili. Charakteryzuje się on również bardzo dużym potencjałem antyoksydacyjnym w porównaniu z innymi karotenoidami [Agarwal i Rao 2000].

Ze względu na swoje właściwości likopen znalazł zastosowanie w przemyśle kosmetycznym. Jest popularnym składnikiem receptur kosmetyków chroniących przed promieniowaniem ultrafioletowym (UV), w których zmniejsza szkodliwe działanie promieniowania słonecznego, zapobiegając oparzeniom słonecznym, jak również rozwojowi raka skóry. Co ważne, likopen wpływa na pobudzenie naturalnych mechanizmów obronnych skóry, a także wpływa na regenerację naskórka [Bober i in. 2005]. Ze względu na swoje właściwości likopen dostarczony na skórę od zewnątrz przenika do warstwy rogowej naskórka i tam się umiejscawia, wykazując aktywność biologiczną. Jego przenikanie do głębszych warstw naskórka i do skóry właściwej jest utrudnione ze względu na dużą lipofilność względem lipidów *stratum corneum* [Igielska-Kalwat i Nowak 2016]. Likopen stymuluje również syntezę prokoloagenu, białka prekursorowego kolagenu, odpowiedzialnego za prawidłowe nawilżenie, elastyczność i napięcie skóry. Z tego powodu likopen pośrednio wykazuje działanie przeciwstarzeniowe, regenerujące oraz przyspieszające gojenie się ran. Jest również powszechnie wykorzystywany w leczeniu trądziku młodzieńczego, podczas kuracji wpływa na rozjaśnienie cery i poprawę jej kolorytu. Stosowany jest również jako składnik toników przeznaczonych do cery tłustej, a także w recepturach kosmetyków pielęgnacyjnych dla cery suchej, szarej i zmęczonej [Heber i Qing-Yi 2002, Kumavat i Vhaudhari 2013].

Dostępny na rynku likopen w większości pochodzi ze standaryzowanej ekstrakcji owoców pomidora lub z syntezy chemicznej, ale w obu przypadkach produkt ten jest dość drogi. Wśród najnowszych trendów dotyczących ekologicznego i zrównoważonego pozyskiwania likopenu do potencjalnego zastosowania w kosmetologii zaznacza się możliwość wykorzystania produktów ubocznych z procesu przetwórstwa pomidorów. Dzięki wstępnej enzymatycznej obróbce skórek pomidora preparatami enzymów pektynolitycznych oraz zastosowaniu ekstrakcji wspomaganej surfaktantami można uniknąć stosowania roz-

puszczalników organicznych do odzyskiwania lipofilowej frakcji likopenu, czyniąc proces jego ekstrakcji przyjaznym dla środowiska [Barbulova i in. 2015].

Luteina i zeaksantyna

Luteina i zeaksantyna należą do ksantofili. Te żółto-pomarańczowe barwniki występują w kwiatach (aksamitki, nasturcji, nagietka), owocach (nektarynki, czarnej porzeczki, brzoskwini, melona, awokado, maliny) i warzywach (dyni, marchwi, pomidorze, papryce), w tym również warzywach liściastych (jarmużu, szpinaku, sałacie rzymskiej), w których są maskowane przez zielony chlorofil [Liu i in. 2007, Perry i in. 2009, Kwiatkowska 2010, Murillo i in. 2010]. Występująca w płatkach oraz słupkach i pręcikach zeaksantyna, ulega rozpadowi na pikrokrocynę i safranal, które nadają smak i aromat najdroższej na świecie przyprawie – szafranowi [Frusciante i in. 2014, Diretto i in. 2019].

Luteina i zeaksantyna to związki o takim samym wzorze chemicznym ($C_{40}H_{56}O_2$). Są pochodnymi odpowiednio α- i β-karotenu. Ze względu na obecność grup hydroksylowych w pierścieniu węglowym charakteryzują się większą polarnością niż pozostałe karotenoidy. Luteina jest nienasyconym węglowodorem polienowym, zbudowanym z ośmiu reszt izoprenowych, posiadającym dwie grupy –OH w pierścieniach β- i Σ-jonowych [Krinsky i in. 2003]. Dobrze rozpuszcza się w tłuszczach i rozpuszczalnikach organicznych. Jest efektywnym, chociaż mniej skutecznym niż likopen czy β-karoten, wygaszaczem tlenu singletowego [Balić i Mokos 2019]. Zeaksantyna jest geometrycznym izomerem luteiny i *vice versa*. Grupy –OH obu tych związków związane są z atomami węgla w pozycji 3 i 3′, a różnice w budowie dotyczą tylko pozycji jednego z podwójnych wiązań w końcowym pierścieniu. Luteina ma jeden, a zeaksantyna dwa β-pierścienie, co warunkuje ciemniejszą barwę drugiego związku [Aruna i Baskaran 2010, Murillo i in. 2010, Šivel i in. 2014]. Zmiana pozycji wiązania podwójnego w zeaksantynie i dodatkowe sprzężone wiązanie podwójne sprawia, że barwnik ten jest stabilniejszy i bardziej efektywny w działaniu antyoksydacyjnym niż luteina. Obecność końcowych grup – OH sprawia, że spośród karotenoidów tylko luteina i zeaksantyna mogą przenikać barierę krew–siatkówka, tworząc pigmenty plamki żółtej oraz barierę krew–mózg. Ponadto końcowe grupy hydroksylowe i sprzężony łańcuch polienowy, będący chromoforem, warunkują przeciwutleniające działanie tych ksantofili w błonach bogatych w nienasycone kwasy tłuszczowe [Johnson i in. 2011, Johnson i in. 2013, Vishwanathan i in. 2013, Kamoshita i in. 2016, Hammond i in. 2017, Lindbergh i in. 2018].

Zeaksantyna i luteina są selektywnie kumulowane w soczewce oka oraz centralnej części siatkówki – plamce żółtej, która jest obszarem o dużym zagęszczeniu fotoreceptorów, odpowiedzialnym za prawidłowe, wyraźne widzenie oraz właściwą percepcję kolorów [Gellermann i in. 2002, Huang i in. 2015, Wu i in. 2015, Li i in. 2018]. Ekspozycja siatkówki na światło, jak również zachodzące w siatkówce procesy metaboliczne związane z funkcją receptorów oraz takie czynniki jak promieniowanie UV generują stres oksydacyjny w następstwie nasilonej produkcji RFT. Ponadto fotoreceptory zawierające duże ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych są szczególnie narażone na destrukcyjne działanie RFT. Luteina i zeaksantyna chronią wrażliwe struktury oka przed stresem oksydacyjnym. Korzystny wpływ tych związków wynika z ich silnej aktywności antyoksydacyjnej tj. zdolności do wychwytywania RFT oraz obniżenia poziomu lipofuscyny – wewnątrzkomórkowego brązowego barwnika wytwarzanego podczas syntezy lipidów i lipoprotein, czego konsekwencją jest spadek fotooksydacyjnego uszkodzenia komórek nabłonka barwnikowego siatkówki [Rapp i in. 2000, Sundelin i Nilsson 2001, Gao i in. 2011, Kaya i in. 2012, Sahin i in. 2019, Różanowska i in. 2021].

Dodatkowo luteina i zeaksantyna pomagają zachować strukturę błon komórkowych poprzez zapobieganie peroksydacji kwasów tłuszczowych i kontrolowanie tempa reakcji chemicznych zachodzących z udziałem tlenu. Dzięki żółtej barwie absorbują głównie wysokoenergetyczne fale światła niebieskiego (najbardziej szkodliwego dla funkcjonowania siatkówki), zmniejszając jego intensywność nawet o 40–90%. Stanowią tym samym naturalny filtr chroniący przed niekorzystnym wpływem promieniowania ultrafioletowego typu A, B i C (UV-A, UV-B i UV-C). Luteina i zeaksantyna znacząco zmniejszają ryzyko zaćmy i zwyrodnienia plamki żółtej w oku. W preparatach stosowanych do oczu ważna jest właściwa proporcja luteiny i zeaksantyny, która powinna wynosić w przybliżeniu 5 : 1 [Thomson i in. 2002, Roberts i Dennison 2015, Murillo i in. 2019].

Oprócz pozytywnego wpływu na wzrok uzyskano bardzo obiecujące rezultaty dotyczące wpływu luteiny i zeaksantyny na skórę. W badaniach przeprowadzonych na pozbawionych sierści myszach potwierdzono, że wzbogacenie diety w luteinę i zeaksantynę łagodziło stan zapalny wywołany przez promieniowanie UV typu B (UV-B), jak również ograniczało nadmierną proliferację komórek naskórka oraz apoptozę komórek (poparzenia skóry) [Gonzalez i in. 2003, Lee i in. 2004]. W badaniach klinicznych stwierdzono znaczący (44%) spadek ryzyka zachorowania na czerniaka u osób na diecie o zwiększonej zawartości karotenoidów, w tym także luteiny [Millen i in. 2004]. Także luteinowy preparat FloraGLO® zawierający ekstrakt z kwiatów aksamitki wzniesionej (*Tagetes erecta* L.), stosowany doustnie lub zewnętrznie u kobiet w wieku 25–50 lat, minimali-

zował efekty przedwczesnego starzenia, powodując znaczący wzrost uwodnienia oraz poprawę elastyczności skóry, jak również wzrost poziomu lipidów powierzchniowych i spadek poziomu ich peroksydacji. Najlepsze rezultaty uzyskano w przypadku łącznego stosowania kosmetyków i preparatów doustnych [Dana i in. 2008].

Dzięki możliwości przenikania do warstwy korneocytowej i do lipidów międzykomórkowych ksantofile znacznie zwiększają nawilżenie warstwy rogowej naskórka [Bin-Jumah i in. 2021]. Miejscowe oraz doustne stosowanie luteiny i zeaksantyny w celach kosmetycznych przejawiało działanie antyoksydacyjne, przyczyniając się do zwiększenia elastyczności i poziomu nawilżenia skóry. Dane literaturowe potwierdzają, że zeaksantyna z sinicy *Synechocystis pevalekii* może być stosowana jako naturalny składnik filtrów przeciwsłonecznych oraz jako środek stabilizujący dla chemicznych filtrów przeciwsłonecznych [Tendulkar i in. 2018]. Wykazano także, że doustne podawanie luteiny może zapewniać lepszą ochronę antyoksydacyjną niż jej stosowanie miejscowe [Palombo i in. 2007]. Doustna suplementacja preparatem zawierającym luteinę i zeaksantynę przyczyniła się do rozjaśnienia skóry oraz poprawy jej ogólnej kondycji. Wynikało to z właściwości antyoksydacyjnych i działania fotoochronnego zawartych w nim ksantofili [Juturu i in. 2016]. Wyniki najnowszych badań Shim [2019] sugerują, że zeaksantyna wykazuje również działanie przeciwzapalne. Z tego względu może być skuteczna jako składnik kosmetyków o działaniu przeciwzapalnym, np. wykorzystywanych do pielęgnacji skóry atopowej czy łuszczycowej.

Zatem poprawę kondycji powierzchniowej warstwy lipidowej skóry po zastosowaniu luteiny, a także zeaksantyny można tłumaczyć: (a) regulacją funkcji gruczołów łojowych oraz zwiększeniem poziomu lipidów powierzchniowych, dzięki czemu skóra jest bardziej natłuszczona i mniej podatna na wpływ czynników zewnętrznych; (b) efektem fotoprotekcyjnym oraz (c) zwiększoną elastycznością i nawilżeniem skóry w następstwie przenikania luteiny i zeaksantyny do błon komórkowych keratynocytów, co zwiększa zdolność zatrzymywania wody w głębszych warstwach skóry przez warstwę rogową naskórka. W polepszeniu stanu nawilżenia naskórka duże znacznie ma również zmniejszona peroksydacja lipidów.

Astaksantyna

Astaksantyna to jeden z najsilniejszych naturalnych niedawno odkrytych związków bioaktywnych z grupy przeciwutleniaczy. W związku z tym nazywana bywa „królową karotenoidów” [Janiczek i Ruprich 2017]. Należy do grupy

ksantofili, a jej struktura składa się z dwóch pierścieni końcowych połączonych łańcuchem polienowym. Jest karotenoidem wtórnym, pochodną kantaksantyny i zeaksantyny [Engler-Jastrzębska i in. 2019]. Strukturę chemiczną związku tworzy osiem jednostek izoprenowych, w których skład wchodzi 40 atomów węgla. Polienowy łańcuch węglowy zakończony jest z obydwu końców pierścieniami β-jononowymi. Astaksantyna posiada właściwości chemiczne i cechy fizjologiczne ksantofili takie jak wysoką lipofilność i intensywną czerwoną barwę, związaną z pochłanianiem światła przez jej układ polienowy. Ze względu na swoje zarówno hydroksylowe, jak i ketonowe grupy funkcyjne w pierścieniach końcowych astaksantyna ma wyższą polarność niż inne karotenoidy oraz aktywność przeciwutleniającą znacznie większą niż β-karoten, luteina, zeaksantyna czy kantaksantyna [Pogorzelska i in. 2016, Córdova i in. 2018].

Naturalnie syntetyzowana jest przez glony oraz niektóre grzyby i bakterie. W przypadku człowieka i zwierząt, w związku z brakiem zdolności syntezy astaksantyny jest ona dostarczana do organizmu wraz z pożywieniem. W naturze znanych jest niewiele organizmów produkujących astaksantynę (występuje głównie w środowisku morskim), należą do nich m.in. glon *Haematococcus pluvialis* i drożdże *Xanthophyllomyces dendrorhous*, *Phaffia rhodozyma* czy *Paracoccus carotinifaciens* [Schmidt i in. 2011, Córdova i in. 2018]. Źródłem astaksantyny są m.in. drożdże, ryby łososiowate, kryl, mikroglony, krewetki. Astaksantyna jest obecna w większości czerwonych organizmów wodnych [Ekpe i in. 2018].

Astaksantyna wyróżnia się korzystnymi dla zdrowia właściwościami antyoksydacyjnymi i nutraceutycznymi, ma również zastosowanie w przemyśle akwakultury jako suplement diety ryb łososiowatych. Ze względu na wysoką aktywność przeciwutleniającą astaksantyny jest coraz więcej doniesień dotyczących korzystnych właściwości tego związku dla zdrowia człowieka, w tym właściwości, takich jak przeciwzapalne, przeciwcukrzycowe, przeciwbakteryjne, immunostymulujące, fotoochronne, neuroprotekcyjne, przeciwnowotworowe oraz korzystne dla prawidłowego funkcjonowania układu krążenia [Córdova i in. 2018]. Właściwości astaksantyny wynikające m.in. z jej działania antyoksydacyjnego, przeciwzapalnego oraz to, że można ją bezpiecznie stosować, dają możliwości wykorzystania jej w przemyśle kosmetycznym. Astaksantyna wykazuje wpływ na przebarwienia, hamuje syntezę melaniny oraz przeciwdziała fotostarzeniu się skóry [Arakane 2002, Tominaga i in. 2012]. Wywiera działanie ochronne przeciw promieniowaniu UV poprzez ochronę skóry przed uszkodzeniami wywoływanymi przez promieniowanie słoneczne dzięki zwiększeniu gęstości optycznej, neutralizowaniu tlenu singletowego lub tworzeniu kwasu retinowego [Arakane 2002].

Karotenoid ten zwiększa również nawilżenie najbardziej zewnętrznych warstw skóry, przeciwdziała rogowaceniu naskórka, poprawia elastyczność skóry i działa przeciwzmarszczkowo [Bin-Jumach i in. 2021]. Takie działanie astaksantyny związane jest z jej dobrą rozpuszczalnością w tłuszczach i łatwym wnikaniem w warstwę rogową naskórka, gdzie przyśpiesza jego odnowę, wykazuje działanie normalizujące w procesach różnicowania keratynocytów i wpływa na funkcje regulacyjne skóry [El-Agamey i in. 2004]. Astaksantyna lokalizowana w głębszych warstwach skóry poprawia poziom jej nawilżenia i elastyczność, działając w skórze właściwej, powoduje zwiększone wytwarzanie kolagenu i elastyny [Yamashita 2006]. Astaksantyna wykorzystywana jest do produkcji kremów chroniących skórę przed promieniowaniem słonecznym. Stosuje się ją też w kosmetykach (kremach, balsamach, serach), które mają wpływ na opóźnienie procesów starzenia się skóry, poprawę kolorytu, elastyczności, wygładzenia i nawilżenia. Może być też stosowana jako suplement diety (nutrikosmetyk) w postaci tabletek w celu poprawy kondycji skóry [Igielska-Kalwat i in. 2013]. Po raz pierwszy związek ten został wykorzystany w formie suplementacji doustnej w 1991 r. [Matsuno 1991]. Według późniejszych badań Tominaga i in. [2012] astaksantyna pochodząca z *H. pluvialis* może mieć wpływ na poprawę właściwości wszystkich warstw skóry, przy stosowaniu łącznie suplementacji doustnej oraz aplikacji miejscowej, oraz może poprawić stan skóry kobiet i mężczyzn. Stwierdzono, że związek ten przyczynia się do ujednolicenia kolorytu skóry oraz wspomaga niwelowanie zmian pigmentacyjnych [Engler-Jastrzębska i in. 2019]. Azjaci używają astaksantyny do rozjaśniania skóry. Zmniejsza ona do około 40% syntezę melaniny (melanogenezę), redukuje również plamy starcze, piegi i cienie pod oczami [Bin-Jumah i in. 2021]. Astaksantynę wykorzystuje się również do produkcji preparatów matujących, szczególnie dla cery tłustej i mieszanej, dla której ciężko dobrać odpowiednie produkty do pielęgnacji i makijażu [Janiczek i Ruprich 2017].

Żeby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na ten karotenoid w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym, spożywczym i paszowym, podejmowane są działania w celu opracowania opłacalnych ekonomicznie bioprocesów alternatywnych dla obecnej syntezy chemicznej. Wiele badań wskazuje na konieczność poszukiwania naturalnego źródła astaksantyny jako metody produkcji gwarantującej korzystne właściwości tego związku. Jednak do tej pory naturalna astaksantyna z *H. pluvialis, P. rhodozyma* czy *P. carotinifaciens* nie była konkurencyjna cenowo wobec astaksantyny syntetyzowanej chemicznie [Schmidt i in. 2011].

Podsumowanie i perspektywy na przyszłość

Ochronne działanie karotenoidów na skórę wpływa na ich szerokie wykorzystanie w kosmetologii – jako składników emulsji kosmetycznych, nutraceutyków, kosmeceutyków i fotoprotektantów. Karotenoidy ze względu na silne działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne i immunomodulujące zwiększają ochronę skóry przed promieniowaniem UV, zapewniając długotrwałą ochronę przed fotostarzeniem i przyczyniając się do poprawy jej ogólnego wyglądu. Związki te, aplikowane doustnie lub miejscowo, mogą być pomocne w leczeniu niektórych fotodermatoz, chorób zapalnych skóry czy niwelowaniu zmian pigmentacyjnych. W praktyce lepsze efekty pielęgnacyjne lub/i lecznicze można uzyskać raczej dzięki karotenoidom pochodzenia naturalnego niż ich syntetycznym odpowiednikom. Ze względu na szybki rozwój nanotechnologii obiecujące wydaje się wykorzystanie nanonośników, które mogą umożliwić bardziej efektywny transport karotenoidów przez błony komórkowe, a tym samym zwiększenie ich aktywności biologicznej. Niezbędne są również wysiłki na rzecz poszerzenia wiedzy na temat już znanych oraz wciąż nieodkrytych karotenoidów, ich skutków prozdrowotnych i ochronnych, a także interakcji z innymi przeciwutleniaczami. Postęp w zakresie optymalizacji strategii doustnego i miejscowego stosowania karotenoidów oraz zastosowanie nowych technologii mających na celu efektywniejsze ich dostarczanie do komórek pozwolą na lepsze wykorzystanie potencjału tych substancji w zakresie ochrony i pielęgnacji skóry.

Bibliografia

Agarwal S., Rao A.V., 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. Canad. Med. Assoc. J. 6, 739–744.

Anunciato T.P., da Rocha Filho P.A., 2012. Carotenoids and polyphenols in nutricosmetics, nutraceuticals, and cosmeceuticals. J. Cosmet. Dermatol. 11(1), 51–54. https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2011.00600.x

Arakane K., 2002. Superior skin protection via astaxanthin. Carotenoid Sci. 5, 21–24.

Aruna G., Baskaran V., 2010. Comparative study on the levels of carotenoids lutein, zeaxanthin and β-carotene in Indian spices of nutritional and medicinal importance. Food Chem. 123(2), 404–409. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.056

Babin A., Moreau J., Moret Y., 2019. Storage of carotenoids in crustaceans as an adaptation to modulate immunopathology and optimize immunological and life-history strategies. BioEssays 41(11), 1800254. https://doi.org/10.1002/bies.201800254

Balić A., Mokos M., 2019. Do we utilize our knowledge of the skin protective effects of carotenoids enough?. Antioxidants 8(8), 259. https://doi.org/10.3390/antiox8080259

Barbulova A., Colucci G., Apone F., 2015. New trends in cosmetics: by-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients. Cosmetics 2(2), 82–92. https://doi.org/10.3390/cosmetics2020082

Baswan S.M., Marini A., Klosner A.E., Jaenicke T., Leverett J., Murray M., Gellenbeck K.W., Krutmann J., 2020. Orally administered mixed carotenoids protect human skin against ultraviolet A-induced skin pigmentation: a double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. Photodermatol. Photoimmunol. Photomed. 36(3), 219–225. https://doi.org/10.1111/phpp.12541

Berman J., Zorrilla-López U., Farré G., Zhu C., Sandmann G., Twyman R.M., Capell T., Christou P., 2015. Nutritionally important carotenoids as consumer products. Phytochem. Rev. 14(5), 727–743. https://doi.org/10.1007/s11101-014-9373-1

Bin-Jumah M., Alwakeel S.S., Moga M., Buvnariu L., Bigiu N., Zia-Ul-Haq M., 2021. Application of carotenoids in cosmetics. W: M. Zia-Ul-Haq, S. Dewanjee, M. Riaz (red.), Carotenoids: structure and function in the human body. Springer, Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46459-2_24

Bober J., Dołęgowska B., Stachowska E., Kucharska E., 2005. Likopen – naturalny antyoksydant. Czyn. Ryz. 1, 61–66.

Bosch R., Philips N., Suárez-Pérez J., Juarranz A., Devmurari A., Chalensouk-Khaosaat J., González S., 2015. Mechanisms of photoaging and cutaneous photocarcinogenesis, and photoprotective strategies with phytochemicals. Antioxidants 4(2), 248–268. https://doi.org/10.3390/antiox4020248

Brady W.E., Mares-Perlman J.A., Bowen P., 1992. Human serum carotenoid concentrations are related to physiologic and life style factors. J. Nutr. 37(1), 126–129. https://doi.org/10.1093/jn/126.1.129

Čabrić M., Pokrywka L., 2010. Piękne ciało. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Calniquer G., Khanin M., Ovadia H., Linnewiel-Hermoni K., Stepensky D., Trachtenberg A., Sedlov T., Braverman O., Levy J., Sharoni Y., 2021. Combined effects of carotenoids and polyphenols in balancing the response of skin cells to UV irradiation. Molecules 26(7), 1931. https://doi.org/10.3390/molecules26071931

Córdova P., Baeza M., Cifuentes V., Alcaíno J., 2018. Microbiological synthesis of carotenoids: pathways and regulation. W: L.Q. Zepka, E. Jacob-Lopes, V.V. De Rosso (red.), Progress in carotenoid research. IntechOpen, London, UK. https://doi.org/10.5772/intechopen.78343

Dana S., Green J., Roberts, R., 2008. Clinical evidence shows long-term benegicial effect of FloraGLO® lutein on human skin. Kemin Technical Literature, KHBB-017-058, 1–6.

Darvin M., Patzelt A., Gehse S., Schanzer S., Benderoth C., Sterry W., Lademann J., 2008. Cutaneous concentration of lycopene correlates significantly with the roughness of the skin. Eur. J. Pharm. Biopharm. 69(3), 943–947. https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2008.01.034

Darvin M.E., Fluhr J.W., Schanzer S., Richter H., Patzelt A., Meinke M.C., Zastrow L., Golz K., Doucet O., Sterry W., Lademann J., 2011a. Dermal carotenoid level and kinetics after topical and systemic administration of antioxidants: enrichment strategies in a controlled in vivo study. J. Dermatol. Sci. 64(1), 53–58. https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2011.06.009

Darvin M.E., Fluhr J.W., Meinke M.C., Zastrow L., Sterry W., Lademann J., 2011b. Topical beta carotene protects against infra-red-light–induced free radicals. Exp. Dermatol. 20(2), 125–129. https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2010.01191.x

Di Mascio P., Kaiser S., Sies H., 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. Arch. Biochem. Biophys. 274(2), 532–538. https://doi.org/10.1016/0003-9861(89)90467-0

Diretto G., Ahrazem O., Rubio-Moraga Á., Fiore A., Sevi F., Argandoña J., Gómez-Gómez L., 2019. UGT709G1: a novel uridine diphosphate glycosyltransferase involved in the biosynthesis of picrocrocin, the precursor of safranal in saffron (*Crocus sativus*). New Phytol. 224(2), 725–740. https://doi.org/10.1111/nph.16079

Eggersdorfer M., Wyss A., 2018. Carotenoids in human nutrition and health. Arch. Biochem. Biophys. 652, 18–26. https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001

Eicker J., Kürten V., Wild S., Riss G., Goralczyk R., Krutmann J., Berneburg M., 2003. Betacarotene supplementation protects from photoaging-associated mitochondrial DNA mutation. Photochem. Photobiol. Sci. 2(6), 655–659. https://doi.org/10.1039/b300808h

Ekpe L., Kenneth I., Ekpe V., 2018. Antioxidant effects of astaxanthin in various diseases-a review. J. Mol. Pathophysiol. 7(1), 1–6. https://doi.org/10.5455/jmp.20180627120817

El-Agamey A., Lowe G.M., McGarvey D.J., Mortensen A., Phillip D.M., TruScott T.G., Young A.J., 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties, Arch. Biochem. Biophys. 430(1), 37–48. https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.03.007

Engelmann N.J., Clinton S.K., Erdman J.W., 2011. Nutritional aspects of phytoene and phytofluene, carotenoid precursors to lycopene. Adv. Nutr. 2(1), 51–61. https://doi.org/10.3945/an.110.000075

Engler-Jastrzębska M., Musiał C., Kamm A., 2019. Metody niwelowania hiperpigmentacji skóry w świetle nowych doniesień naukowych. Kosmet. Estet. 5(8), 553–560.

Faria-Silva C., Ascenso A., Costa A.M., Marto J., Carvalheiro M., Ribeiro H.M., Simões S. 2020. Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence. Trends Food Sci. Technol. 95, 21–32. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.015

Freitas J.V., Junqueira H.C., Martins W.K., Baptista M.S., Gaspar L., 2019. Antioxidant role on the protection of melanocytes against visible light-induced photodamage. Free Radic. Biol. Med. 131, 399–407. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.12.028

Frusciante S., Diretto G., Bruno M., Ferrante P., Pietrella M., Prado-Cabrero A., Rubio-Moraga A., Beyer P., Gomez-Gomez L., Al-Babili S., Giuliano G., 2014. Novel carotenoid cleavage dioxygenase catalyzes the first dedicated step in saffron crocin biosynthesis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 111(33), 2246–2251. https://doi.org/10.1073/pnas.1404629111

Gao S., Qin T., Liu Z., Caceres M.A., Ronchi C.F., Chen C.Y., Yeum K.J., Taylor A., Blumberg J.B., Liu Y., Shang F., 2011. Lutein and zeaxanthin supplementation reduces H_2O_2-induced oxidative damage in human lens epithelial cells. Mol. Vis. 17, 3180–3190.

Gärtner C., Stahl W., Sies H., 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. Am. J. Clin. Nutr. 66(1), 116–122. https://doi.org/10.1093/ajcn/66.1.116

Gellermann W., Ermakov I.V., Ermakova M.R.., McClane R.W., Zhao D.Y., Bernstein P.S., 2002. In vivo resonant Raman measurement of macular carotenoid pigments in the young and the aging human retina. J. Opt. Soc. Am. A 19(6), 1172–1186. https://doi.org/10.1364/JOSAA.19.001172

Gonzalez S., Astner S., An W., Goukassian D., Pathak M.A., 2003. Dietary lutein/zeaxanthin decreases ultraviolet B-induced epidermal hyperproliferation and acute inflammation in hairless mice. J. Invest. Dermatol. 121(2), 399–405. https://doi.org/10.1046/j.1523-1747.2003.12355.x

Góralczyk R., 2007. Suplementacja karotenoidów – ochrona przeciwsłoneczna. J. Pol. Soc. Cosm. Chem. 10(4), 197–208.

Gryszczyńska A., Gryszczyńska B., Opala B., 2011. Karotenoidy. Naturalne źródła, biosynteza, wpływ na organizm ludzki. Post. Fitoter. 2, 127–143.

Grzyb S., Grzyb J., Klonowska J., 2019. Nutrikosmetyki jako suplementy diety i ich działanie. W: K.L. Krzystyniak, J. Klonowska (red.), Nowe trendy w dietetyce. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierii i Zdrowia w Warszawie, Warszawa.

Hammond B.R. Jr, Miller L.S., Bello M.O., Lindbergh C.A., Mewborn C., Renzi-Hammond L. M., 2017. Effects of lutein/zeaxanthin supplementation on the cognitive function of community dwelling older adults: a randomized, double-masked, placebo-controlled trial. Front. Aging Neurosci. 9, 254. https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00254

Han R. M., Zhang J. P., Skibsted L. H., 2012. Reaction dynamics of flavonoids and carotenoids as antioxidants. Molecules 17(2), 2140–2160. https://doi.org/10.3390/molecules17022140

Havas F., Krispin S., Meléndez-Martínez A. J., von Oppen-Bezalel L., 2018. Preliminary data on the safety of phytoene-and phytofluene-rich products for human use including topical application. J. Toxicol. 2018, 5475784. https://doi.org/10.1155/2018/5475784

Heber D., Qing-Yi L., 2002. Overview of mechanisms of action of lycopene. Exp. Biol. Med. 227(10), 920–923. https://doi.org/10.1177/153537020222701013

Huang Y.M., Dou H.L., Huang F.F., Xu X.R., Zou Z.Y., Lin X.M., 2015. Effect of supplemental lutein and zeaxanthin on serum, macular pigmentation, and visual performance in patients with early age-related macular degeneration. BioMed Res. Int. 2015, 564738. https://doi.org/10.1155/2015/564738

Igielska-Kalwat J., Nowak I., 2016. Carotenoids in cosmetics. Pol. J. Cosmetol. 19(1), 23–27.

Igielska-Kalwat J., Gościańska J., Nowak I., 2013. Zastosowanie astaksantyny w preparatach kosmetycznych. Kosmet. Estet. 2(2), 15–17.

Igielska-Kalwat J., Wawrzyńczak A., Nowak I., 2012. Karotenoidy i ich zastosowanie w przemyśle kosmetycznym na przykładzie β-karotenu. Chemik 66(2), 140–144.

Islamin J.P., Mehrali H., 2015. Lycopene as a carotenoid provides radioprotection and antioxidant effects by quenching radiation-induced free radical singlet oxygen. Cell J. 16, 386–391. https://doi.org/10.22074/cellj.2015.485

Janiczek M., Ruprich M., 2017. Substancje aktywne pozyskiwane z alg oraz ich zastosowanie w kosmeceutykach. Kosmet. Estet. 2(6), 131–137.

Johnson E.J., Vishwanathan R., Johnson M.A., Hausman D.B., Davey A., Scott T.M., Green R.C., Miller L.S., Gearing M., Woodard J., Nelson P.T., Chung H.Y., Schalch W., Wittwer J., Poon L.W., 2013. Relationship between serum and brain carotenoids, α-tocopherol, and retinol concentrations and cognitive performance in the oldest old from the Georgia Centenarian Study. J. Aging. Res. 2013, 951786. https://doi.org/10.1155/2013/951786

Johnson E.J., Vishwanathan R., Scott T.M., Schalch W., Wittwer J., Hausman D.B., Johnson M.A., Green R.C., Gearing M., Poon, L.W., 2011. Serum carotenoids as a biomarker for carotenoid concentrations in the brain. FASEB J. 25(S1), 344.2–344.2. https://doi.org/10.1096/fasebj.25.1_supplement.344.2

Juturu V., Bowman J.P., Deshpande J., 2016. Overall skin tone and skin-lightening-improving effects with oral supplementation of lutein and zeaxanthin isomers: a double-blind, placebo-controlled clinical trial. Clin. Cosmet. Investig. Dermatol. 9, 325–332. https://doi.org/10.2147/CCID.S115519

Kamoshita M., Toda E., Osada H., Narimatsu T., Kobayashi S., Tsubota K., Ozawa Y., 2016. Lutein acts via multiple antioxidant pathways in the photo-stressed retina. Sci. Rep. 6, 30226. https://doi.org/10.1038/srep30226

Kaya S., Weigert G., Pemp B., Sacu S., Werkmeister R.M., Dragostinoff N., Garhöfer G., Schmidt-Erfurth U., Schmetterer L., 2012. Comparison of macular pigment in patients with age-related macular degeneration and healthy control subjects–a study using spectral fundus reflectance. Acta Ophthal. 90(5), e399–e403. https://doi.org/10.1111/j.1755-768.2012.02423.x

Krinsky N.I., Landrum J.T., Bone R.A., 2003. Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. Annu. Rev. Nutr. 23, 171–201.

Kumavat S.D., Vhaudhari Y.S., 2013. Lycopene: it's role as prostate cancer chemopreventive agent. Int. J. Res. Pharm. Chem. 3, 545–551.

Kwiatkowska E., 2010. Luteina – źródło w diecie i potencjalna rola prozdrowotna. Post. Fitoter. 58, 97–100.

Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos C., 2018. Carotenoids: from plants to food and feed industries. W: C. Barreiro, J.L. Barredo (red.), Microbial Carotenoids: Methods and Protocols. Springer, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8742-9_3

Lee E.H., Faulhaber D., Hanson K.M., Ding W., Peters S., Kodali S., Granstein R.D., 2004. Dietary lutein reduces ultraviolet radiationinduced inflammation and immunosuppression. J. Invest. Dermatol. 122(2), 510–517. https://doi.org/10.1046/j.0022-202X.2004.22227.x

Li, B., George E., Rognon G.T., Chang F.Y., Frederick J.M., Stoddard J., McGill T.J., Neuringer M., Bernstein, P.S. 2018. Imaging lutein and zeaxanthin in the primate macula by confocal resonance Raman microscopy. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 59(9), 5840–5840. https://doi.org/10.1073/pnas.1922793117

Lindbergh C., Renzi-Hammond L., Hammond B., Terry D., Mewborn C., Puente A., Miller L., 2018. Lutein and zeaxanthin influence brain function in older adults: a randomized controlled trial. J. Int. Neuropsychol. Soc. 24(1), 77–90. https://doi.org/10.1017/S1355617717000534

Liu Y., Perera C.O., Suresh, V., 2007. Comparison of three chosen vegetables with others from South East Asia for their lutein and zeaxanthin content. Food Chem. 101(4), 1533–1539. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.005

Luo M., Estivariz C.F., Schleicher R.L., 2009. Prospective analysis of serum carotenoids. vitamin A and tocopherols in adults with short bowel syndrome undergoing intestinal rehabilitation. J. Nutr. 25(4), 400–407. https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.10.003

Maoka T., 2020. Carotenoids as natural functional pigments. J. Nat. Med. 74, 1–16. https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x

Matsuno T., 1991. Xanthophylls as precursors of retinoids. Pure Appl. Chem. 63, 81–88.

Mączka W., Wińska K., 2011. β-karoten-przyjaciel czy wróg? Cz. I. Post. Kosmetol. 4, 259–262.

Meléndez-Martínez A.J., Mapelli-Brahm P., Benítez-González A., Stinco C.M., 2015. A comprehensive review on the colorless carotenoids phytoene and phytofluene. Arch. Biochem. Biophys. 572, 188–200. https://doi.org/10.1016/j.abb.2015.01.003

Meléndez-Martínez A.J., Stinco C.M., Mapelli-Brahm P., 2019. Skin carotenoids in public health and nutricosmetics: The emerging roles and applications of the UV radiation-absorbing colourless carotenoids phytoene and phytofluene. Nutrients 11(5), 1093. https://doi.org/10.3390/nu11051093

Michalak M., Paradowska K., Zielińska A., 2018. Selected plant oils as a source of carotenoids for the applications in cosmetology. Post. Fitoter. 1, 10–17. http://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.10

Millen A.E., Tucker M.A., Hartge P., Halpern A., Elder D.E., Guerry Dt, Holly E.A, Sagebiel. R.W., Potischman N., 2004. Diet and melanoma in a case-control study. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. 13(6), 1042–1051.

Murillo A.G., Hu S., Fernandez M.L., 2019. Zeaxanthin: metabolism, properties, and antioxidant protection of eyes, heart, liver, and skin. Antioxidants 8(9), 390. https://doi.org/10.3390/antiox8090390

Murillo E., Meléndez-Martínez A.J., Portugal F., 2010. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. Food Chem. 122(1), 167–172. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.034

Palombo P., Fabrizi G., Ruocco V., Ruocco E., Fluhr J., Roberts R., Morganti P., 2007. Beneficial long-term effects of combined oral/topical antioxidant treatment with the carotenoids lutein and zeaxanthin on human skin: a double-blind, placebo-controlled study. Skin Pharmacol. Appl. Skin Physiol. 20(4), 199–210. https://doi.org/10.1159/000101807

Perry A., Rasmussen, H., Johnson, E.J., 2009. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. J. Food Compost. Anal. 22(1), 9–15. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.07.006

Pogorzelska E., Hamułka J., Wawrzyniak A., 2016. Astaksantyna: budowa, właściwości i możliwości zastosowania w żywności funkcjonalnej. Żywn. Nauka Technol. Jakość 1(104), 5–16. https://doi.org/10.15193/zntj/2016/104/097

Rao A.V., Agarwal S., 2000. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. J. Am. Coll. Nutr. 19(5), 563–569. https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718953

Rapp L.M., Maple S.S., Choi J.H., 2000. Lutein and zeaxanthin concentrations in rod outer segment membranes from perifoveal and peripheral human retina. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 41(5), 1200–1209.

Rittie L., Fisher G.J., Rittié L., Fisher G.J., 2015. Natural and sun-induced aging of human skin. Cold Spring Harb. Perspect. Med. 5, a015370. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a015370

Rivera S.M., Canela-Garayoa R., 2012. Analytical tools for the analysis of carotenoids in diverse materials. J. Chrom. A 1224, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.12.025

Roberts J.E., Dennison J., 2015. The photobiology of lutein and zeaxanthin in the eye. J. Ophthalmol. 2015(9), 1–8. https://doi.org/10.1155/2015/687173

Rodriguez-Concepcion M., Avalos J., Bonet M.L., Boronat A., Gomez-Gomez L., Hornero-Mendez D., Limon M.C., Meléndez-Martínez A.J., Olmedilla-Alonso B., Palou A., Ribot J., Rodrigo M.J., Zacarias L. Zhu C., 2018. A global perspective on carotenoids: Metabolism,

biotechnology, and benefits for nutrition and health. Prog. Lipid Res. 70, 62–93. https://doi.org/10.1016/j.plipres.2018.04.004

Różanowska M.B., Czuba-Pelech B., Landrum J.T., Rózanowski B., 2021. Comparison of antioxidant properties of dehydrolutein with lutein and zeaxanthin, and their effects on cultured retinal pigment epithelial cells. Antioxidants 10, 753. https://doi.org/10.3390/antiox10050753

Sahin K., Akdemir F., Orhan C., Tuzcu M., Gencoglu H., Sahin N., Ozercan I.A., Ali S., Ylmaz I., Juturu V., 2019. (3R, 3′R)-zeaxanthin protects the retina from photo-oxidative damage via modulating the inflammation and visual health molecular markers. Cutan Ocul. Toxicol. 38(2), 161–168. https://doi.org/10.1080/15569527.2018.1554667

Sandmann G., 2014. Carotenoids of biotechnological importance. W: J. Schrader, J. Bohlmann (red.), Biotechnology of isoprenoids. Springer, Cham.

Sathasivam R., Ki J., 2018. A review of the biological activities of microalgal carotenoids and their potential use in healthcare and cosmetic industries. Mar. Drugs 16(1), 26. https://doi.org/10.3390/md16010026

Scarmo S., Cartmel B., Lin H., Leffell D.J., Welch E., Bhosale P., Bernstein P.S., Mayne S.T., 2010. Significant correlations of dermal total carotenoids and dermal lycopene with their respective plasma levels in healthy adults. Arch. Biochem. Biophys. 504(1), 34–39. https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.07.004

Schmidt I., Schewe H., Gassel S., Jin C., Buckingham J., Hümbelin M., Sandmann G., Schrader J., 2011. Biotechnological production of astaxanthin with *Phaffia rhodozyma*/*Xanthophyllomyces dendrorhous*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 89, 555–571. https://doi.org/10.1007/s00253-010-2976-6

Shi J., Dai Y., Kakuda Y., Mittal G., Xue S.J., 2008. Effect of heating and exposure to light on the stability of lycopene in tomato purée. Food Control 19(5), 514–520. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.06.002

Shim J.H., 2019. Anti-inflammatory effect of zeaxanthin in RAW264. 7 cells. Asian J. Beauty Cosmetol. 17(4), 431–439. https://doi.org/10.20402/ajbc.2019.0311

Sies H., Stahl W., 1995. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. Am. J. Clin. Nutr. 62(6), 1315–1321. https://doi.org/10.1093/ajcn/62.6.1315S

Šivel M., Kráčmar S., Fišera M., Klejdus B., Kubáň V., 2014. Lutein content in marigold flower (*Tagetes erecta* L.) concentrates used for production of food supplements. Czech J. Food Sci. 32(6), 521–525. https://doi.org/10.17221/104/2014-CJFS

Stahl W., Sies H., 2012. Beta-carotene and other carotenoids in protection from sunlight. Am. J. Clin. Nutr. 96(5), 1179S–1184S. https://doi.org/10.3945/ajcn.112.034819

Staniszek K., Goździcka-Józefiak A., 2008. Wpływ β-karotenu, retinoidów i receptorów retinoidowych na proliferację i transformację nowotworową komórek. Biotechnologia 3(82), 28–45.

Sundelin S.P., Nilsson S.E., 2001. Lipofuscin-formation in retinal pigment epithelial cells is reduced by antioxidants. Free Radic. Biol. Med. 31(2), 217–25. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(01)00573-1

Tanumihardjo S.A., 2012. Carotenoids and human health. Springer Science & Business Media, New York.

Tendulkar P.A., Surve M.A., Deodhar M.A., 2018. Sun protective formulation from carotenoids extracted from thermotolerant genera *Synechocystis pevalekii*. Int. J. Pharm. Sci. Res. 9(8), 3223–3234. https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(8).3223-34

Terao J., Minami Y., Bando N., 2010. Singlet molecular oxygen-quenching activity of carotenoids: relevance to protection of the skin from photoaging. J. Clin. Biochem. Nutr. 48(1), 57–62. https://doi.org/10.3164/jcbn.11-008FR

Thomson L.R., Toyoda Y., Langner A., Delori F.C., Garnett K.M., Craft N., Nichols C.R, Chen K.M., Dorey C.K., 2002. Elevated retinal zeaxanthin and prevention of light-induced photoreceptor cell death in quail. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 43(11), 3538–3549.

Tominaga K., Hongo N., Karato M., Yamashita E., 2012. Cosmetic benefits of astaxanthin on humans subjects. Acta Biochim. Pol. 59(1), 43–47. https://doi.org/10.18388/abp.2012_2168

Turski J.S., Więcławek B., 1952. Barwniki roślinne i zwierzęce. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa.
Vershinin A., 1999. Biological functions of carotenoids – diversity and evolution. BioFactors 10(2–3), 99–104. https://doi.org/10.1002/biof.5520100203
Vishwanathan R., Neuringer M., Snodderly D.M., Schalch W., Johnson E.J., 2013. Macular lutein and zeaxanthin are related to brain lutein and zeaxanthin in primates. Nutr. Neurosci. 16(1), 21–29. https://doi.org/10.1179/1476830512Y.0000000024
Von Oppen-Bezalel L., Shaish A., 2009. Application of the colorless carotenoids, phytoene, and phytofluene in cosmetics, wellness, nutrition, and therapeutics. W: Ben-Amotz A., Polle J., Rao S. (red.), The alga *Dunaliella*: Biodiversity, Physiology, Genomics & Biotechnology. Science Publishers, Enfield, NH, USA.
Wertz K., Seifert N., Hunziker P.B., Riss G., Wyss A., Lankin C., Góralczyk R., 2004. Beta-carotene inhibits UVA-induced matrix metalloprotease 1 and 10 expression in keratinocytes by a singlet oxygen-dependent mechanism. Free Radic. Biol. Med. 37(5), 654–70. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.05.018
Wu J., Cho E., Willett W.C., Sastry S.M., Schaumberg D.A., 2015. Intakes of lutein, zeaxanthin, and other carotenoids and age-related macular degeneration during 2 decades of prospective follow-up. JAMA Ophthalmol. 133(12), 1415–1424. https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2015.3590
Yamashita E., 2006. Effect of a dietary supplement containing astaxanthin on skin condition. Carot. Sci. 10, 91–95.
Zia-Ul-Haq M., Dewanjee S., Riaz M., 2021. Carotenoids: structure and function in the human body. Springer Nature, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46459-2
Ziemlański Ś., 2001. Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. PZWL, Warszawa.

Streszczenie. Przemysł kosmetyczny wykorzystuje wysoką biologiczną aktywność karotenoidów w wielu rodzajach kosmetyków, nutrikosmetyków i kosmeceutyków. Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury można stwierdzić, że różne związki z grupy karotenoidów mogą istotnie wpływać na poprawę kondycji skóry i redukować skutki fotostarzenia. Stosowane są one jako składniki filtrów chroniących przed promieniowaniem UV, kremów poprawiających koloryt skóry lub środków doustnych wpływających pozytywnie na jej wygląd. Ponadto mogą mieć zastosowanie w preparatach redukujących zmiany pigmentacyjne, w tym zapobiegających powstawaniu piegów. Korzystna rola karotenoidów związana jest głównie, chociaż nie tylko, z ich aktywnością antyoksydacyjną, np. wobec tlenu singletowego oraz rodników peroksylowych. Poszerzenie wiedzy dotyczącej karotenoidów może pomóc w zidentyfikowaniu nowych związków należących do tej grupy, ustalić ich znaczenie prozdrowotne oraz ocenić potencjalne zastosowanie w kosmetologii. Ponadto nowy trend dotyczący pozyskiwania bioaktywnych składników do zastosowań kosmetycznych, w tym karotenoidów, z produktów ubocznych przemysłu spożywczego sprzyja zrównoważonemu rozwojowi oraz redukcji odpadów.

Słowa kluczowe: astaksantyna, fotostarzenie, karoteny, ksantofile, nutrikosmetyki

Występowanie i aktywność biologiczna saponin

Marta Dmitruk[1], Bożena Denisow[1✉], Mirosława Chwil[1],
Renata Matraszek-Gawron[1], Małgorzata Bożek[1]

Saponiny (saponozydy) pod względem chemicznym stanowią niejednorodną grupę metabolitów wtórnych należących do związków glikozydowych. Ich cząsteczka zbudowana jest z łańcucha 3–5 monocukrów (prostych lub rozgałęzionych) oraz składnika niecukrowego aglikonu (sapogeniny) o charakterze sterolowym lub terpenowym połączonego z cukrowcem wiązaniem glikozydowym [Rao i Gurfinkel 2000, Sędek i Michalik 2005, Vincken i in. 2007, Parus 2013]. Wśród cukrowców w saponinach występują przeważnie: glukoza, galaktoza, ramnoza, ksyloza, fukoza, arabinoza, a niekiedy spotyka się kwas galakturonowy i glukuronowy. Sterolowy charakter aglikonu uwarunkowany jest obecnością zasadowego steranu zbudowanego z 27 atomów węgla, natomiast charakter terpenowy związany jest z występowaniem α-amyryny o 30 atomach węgla [Jenner i in. 2005, Sędek i Michalik 2005, Sahu i in. 2008, Parus 2013].

Obecność saponin stwierdzono w różnych surowcach ok. 500 gatunków roślin, należących do ponad 90 rodzin botanicznych, naturalnie występujących w różnych strefach klimatycznych. Związki te występują także u bezkręgowców morskich [Rao i Gurfinkel 2000, Sędek i Michalik 2005, Parus 2013]. Saponiny sterolowe są stosunkowo mało rozpowszechnione, występują wśród roślin z rodzin: Liliaceae (liliowate), Agavaceae (agawowe), Dioscoreaceae (pochrzynowate). Z kolei saponiny triterpenowe występują powszechnie wśród roślin z rodzin: *Caryophyllaceae* (goździkowate), *Primulaceae* (pierwiosnkowate), *Sapotaceae* (sączyńcowate) i wielu innych. Nazwa saponiny podchodzi z łacińskiego słowa *sapo* oznaczającego mydło. Określenie to po raz pierwszy zostało użyte na początku XIX w. [Sparg i in. 2004, Sędek i Michalik 2005, Parus 2013]. Ze względu na silnie pieniące właściwości saponin rośliny zawierające te związki chemiczne (np. *Saponaria* – mydlnica) używane były do mycia, zanim mydło pojawiło się w powszechnym użytku [Oldridge 2018]. Efekt pieniący saponin jest spowodowany obniżaniem napięcia powierzchniowego roztworu, co jest możliwe dzięki amfifilowemu charakterowi tych związków [Vincken i in.

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ bozena.denisow@up.lublin.pl

2007, Lorent i in. 2014]. W medycynie ludowej wykorzystywano gatunki roślin zawierające saponiny jako przeciwzapalne, przeciwwirusowe, wykrztuśne [Wang i in. 2008, Sarkhel 2016].

Wiele właściwości fizykochemicznych saponin wykorzystywano w różnych formach w przemyśle spożywczym [Tamura i in. 2012, Kregiel i in. 2017, Gonzalez i Sörensen 2020], farmaceutycznym [Guo i in. 2008, Ravi i Manasvi 2016, Kregiel i in. 2017, Liao i in. 2021] i kosmetycznym [Tamura i in. 2012, Bezerra i in. 2018, Nizioł-Łukaszewska i Bujak 2018]. Obecny trend używania kosmetyków pochodzenia naturalnego wpłynął na poszukiwanie kolejnych możliwości w formułowaniu nowych naturalnych, bezpiecznych i skutecznych kosmetyków jako zamienników dla powszechnie stosowanych środków chemicznych [Bezerra i in. 2018, Nizioł-Łukaszewska i Bujak 2018, Herranz-López i Barrajón-Catalán 2020]. Do saponiny należą liczne biologicznie aktywne związki chemiczne, które obecnie zyskały szerokie zainteresowanie w branży kosmetycznej jako naturalne składniki wielu receptur środków myjących [Aghel i in. 2010, Nizioł-Łukaszewska i Bujak 2018], pieniących [Yang i in. 2010, Aktas i Tontul 2021] i emulgujących [Bezerra i in. 2018, Nkafamiya i in. 2018]. Saponiny są także szeroko wykorzystywane jako składniki aktywne w kosmetyce, głównie ze względu na swoją aktywność przeciwutleniającą [Bezerra i in. 2018, Doost i in. 2019], przeciwzapalną [Hassan i in. 2012, Bai i in. 2018], regenerującą [Sevimli-Gür i in. 2011, Kim i in. 2020] i przeciwstarzeniową [Lin i in. 2021].

Celem pracy było określenie występowania saponin w wybranych surowcach roślinnych oraz ich aktywności antyoksydacyjnej i przeciwzapalnej na podstawie analizy oryginalnych publikacji naukowych.

Występowanie saponin w wybranych surowcach roślinnych

Saponiny są gromadzone w różnych organach roślin. U wielu gatunków metabolity te występują w korzeniach, u innych w zielu, liściach, kwiatach i nasionach. Grupa saponin jest bardzo zróżnicowana pod względem struktury chemicznej. Fitozwiązki te wykazują szeroki zakres działania fitoterapeutycznego (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Saponiny triterpenowe w wybranych surowcach roślinnych

Gatunek rośliny i rodzina	Surowiec	Saponiny (aglikon)	Działanie	Źródło
Acacia victoriae Mimosaceae	*Acacia victoriae semen*	awicyna C, D, G (kwas oleanolowy)	antymutagenne, przeciwnowotworowe, przeciwnowotworowe, permeabillizacja błon	Haridas i in. 2001, Xu i in. 2009
Aesculus hippocastanum Hippocastanaceae	*Hippocastani semen*	escyna (protoescygenina, baryngtogenina C)	przeciwwirusowe, przeciwzapalne, przeciwysiękowe, antyoksydacyjne, uszczelniające naczynia, krwionośne, przeciwnowotworowe, hipoglikemizujące, hemolityczne	Bader i in. 2000, Geisler i in. 2020
Astragalus membranaceus Fabaceae	*Astragali radix*	saponina AS I (astragalusaponina)	antyoksydacyjne, hipoglikemizujące, fibrynolityczne, przeciwnowotworowe, immunomodulacyjne	Yin i in. 2004, Lee i in. 2013
Bupleurum sp. Apiaceae	*Bupleuri radix*	saikosaponiny A, B, D2, fruticesaponina B, rotundiozydy A, C, E, F (kwas echinocystowy, primulagenina A, kwas oleanolowy), biodesmozydowa fruticesaponina B	przeciwwirusowe, przeciwzapalne, przeciwbólowe, przeciwnowotworowe	Hsu i in. 2004, Achouri i in. 2017
Glycyrrhiza glabra Fabaceae	*Glycyrrhizae radix*	glicyryzyna	przeciwwirusowe, przeciwzapalne, wykrztuśne, spazmolityczne, hemolityczne	Alexyuk i in. 2019
Glycine max Fabaceae	*Glycine semen*	saponazyd A, B (gypsogenina)	antyoksydacyjne, antymutagenne, przeciwwirusowe, przeciwnowotworowe, pianotwórcze	Kim i in. 2004, Góral i Wojciechowski 2020
Gynostemma pentaphyllum Cucurbitaceae	*Gynostemmae herba, folium, radix*	gypenozydy (dammaran)	antyoksydacyjne, hipoglikemizujące, melanogenne	Chen i in. 2019, Tsang i in. 2019
Gypsophila paniculata Caryophyllaceae	*Gypsophilae radix*	gipsozyd A (gypsogenina)	wykrztuśne, antyoksydacyjne, przeciwdrobnoustrojowe	Weng i in 2009, Kołodziej i in. 2019
Hedera helix Araliaceae	*Hederae folium*	hederasaponina C α-hederyna (hederakozyd B, C)	wykrztuśne, spazmolityczne, przeciwgrzybicze, pierwotniakobójcze, hemolityczne	Sparg i in. 2004, Tatia i in. 2019
Herniaria glabra Caryophyllaceae	*Herniariae herba*	glabroidy A, B	przciwbakteryjne, spazmolityczne	Danloy i in. 1994, Sparg i in. 2004
Lysimachia sikokiana Primulaceae	*Lysimachia herba*	sakurasosaponiny	przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze	Sparg i in. 2004, Podolak i in. 2013

Panax ginseng Araliaceae	*Ginseng radix, rhizoma*	ginsenozydy Rg1, Rg2, Rh1, Rh2, R0 (panaksozydy; kwas oleanolowy, protopanaksadiol, protopanaksatriol)	antyoksydacyjne, psychopobudzające, przeciwnowotworowe, obniżają poziom LDL--cholesterolu, immunomodulacyjne,przeciwbólowe	Sparg i in. 2004, Guo i in. 2021
Primula officinalis, P. elatior Primulaceae	*Primulae radix*	primulasaponina A (protoprimulagenina A)	wykrztuśne, przeciwgrzybiczne, moczopędne	Sparg i in. 2004, Włodarczyk i in. 2020
Quillaja saponaria Quillajaceae	*Quillajae cortex*	saponazydy A i B	immunostymulujące, przeciwwirusowe, przeciwgrzybiczne, przeciwbakteryjne, przeciwpasożytnicze i przeciwnowotworowe obniżają poziom LDL-cholesterolu	Schöpke i Hiller 1990, Fleck i in. 2019

Tabela 2. Saponiny steroidowe w wybranych surowcach

Gatunek	Surowiec	Saponiny	Działanie	Autor
Agave sp. Agavaceae	*Agavea folium*	hekogenina	przeciwutleniające, przeciwwirusowe, przecibakteryjne, przeciwnowotworowe, hemolityczne	Simmons-Boyce i Tinto 2007, Sidana i in. 2016
Digitalis purpurea, D. lanata Plantaginaceae	*Digitalis purpureae folium, Digitalis lanatae folium*	gitonina (gitogenina), digitonina (digitogenina), digalonina (digalogenina) tigonina (tigogenina)	uspokajające, przecwinowotworowe	Kawasaki i Nishioka 1964
Dioscorea tokoro, D. composita, D. mexicana Dioscoreaceae	*Dioscorea rhizoma*	dioscyna (diosgenina)	przeciwzapalne	Hernández--Vázquez i in. 2020
Saponaria officinalis Caryophyllaceae	*Saponariae radix*	saponazyd A, B (gypsogenina)	wykrztuśne, obniżające poziom LDL-cholesterolu, pianotwórcze	Schöpke i Hiller 1990, Gonzales i Sörensen 2020
Ruscus aculeatus Asparagaceae	*Rusci aculeati rhizoma*	ruskogenina, neuroruskogenina, ruscyna	przeciwzapalne, przeciwnowotworowe	Sparg i in. 2004, Masullo i in. 2016
Trigonella foenum-graecum Fabaceae	*Trigonellae foenugraeci semen*	dioscyna (diosgenina)	przeciwzapalne, przeciwhiperglikemiczne	Kolhe i Rachh 2018
Yucca sp., *Yucca filamentosa* Agavaceae	*Yucca filamentosa herba*	smilanina (smilagenina), tigonina (tigogenina)	przeciwzapalne, hemolityczne, przeciwdrobnoustrojowe	Hassan i in. 2010

Działanie antyoksydacyjne

Wolne rodniki powstają w reakcji utleniania w odpowiedzi na różne czynniki uszkadzające komórki. Powodują wysuszenie i zmianę pigmentacji skóry oraz nieprawidłowe gromadzenie elastyny [Herrling i in. 2008, Kusumawati i Indrayanto 2013]. W konsekwencji pojawiają się zmarszczki i oznaki fotostarzenia [Chuarienthong i in. 2010, Shanbhag i in. 2019]. Dostępne na rynku różne grupy kosmetyków zawierają m.in. aktywne składniki przeciwutleniające, które, wiążąc wolne rodniki, hamują proces utleniania oraz pełnią funkcję ochronną przed stresem oksydacyjnym [Kusumawati i Indrayanto 2013, Costa i Santos 2017, Sedaghat Doost i in. 2018, Jarzębski i in. 2020].

W surowcach roślinnych występuje kilka grup związków chemicznych o zróżnicowanej aktywności przeciwutleniającej, m.in.: flawonole, flawonoidy, karotenoidy, olejki eteryczne, polifenole, saponiny, stylbeny i terpeny. Antyoksydanty te wykorzystano w wielu recepturach kosmetycznych. Uzyskane preparaty kosmetyczne zazwyczaj zawierają kombinacje wielu ekstraktów roślinnych otrzymywanych np. z: *Aesculus hippocastanum* L., *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, *Glycyrrhiza glabra* L., *Panax ginseng* Meyer, *Primula officinalis* Jacq., *Saponaria officinalis* L., *Trigonella foenum-graecum* L., *Yucca* sp. [Sharma i in. 2016, Smułek i in. 2017, Tugce Ozkan i in. 2017, Jiménez-Pérez i in. 2018, Becker i in. 2019, Jarzębski i in. 2019, Lee i in. 2019, Ronsisvalle i in. 2020].

Wśród saponin wyizolowanych z trzech gatunków: *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae) *Viola tricolor* L. (Violaceae) i *Solanum dulcamara* L. (Solanaceae) najwyższy potencjał antyoksydacyjny wykazał ekstrakt z *V. tricolor*, natomiast najsilniejszą zdolność do zmniejszania działania drażniącego odnotowano u *S. dulcamara*. Wyizolowane saponiny z tych taksonów zastosowane w recepturze żelu do mycia ciała na bazie składników pochodzenia naturalnego zmniejszały potencjał podrażnienia skóry o około 40–50% w porównaniu z próbą kontrolną niezawierająca saponozydów [Nizioł-Łukaszewska i Bujak 2018].

Wykazano, że aktywność przeciwutleniająca zawierających saponiny i fenole ekstraktów z *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) i *Agave sisalana* Perrine ex Engelm. (Agavoideae) była wyższa o 25% w porównaniu z wyizolowanymi poszczególnymi saponinami. Grupa tych związków pochodząca z *Z. joazeiro* miała działanie antygrzybiczne przeciwko *Candida albicans* (156 μg/ml) i *Aspergillus niger* (312,5 μg/ml), natomiast pozyskana z *A. sisalana* nie wykazała takiej aktywności [Ribeiro i in. 2013].

W badaniach *in vitro* stwierdzono działanie antyoksydacyjne saponin wyekstrahowanych z *Trichosanthis radix* – korzenia *Trichosanthis kirilowii* Maxim (Cucurbitaceae) przy wykorzystaniu metody DPPH, zaś *in vivo* potwierdzono tę

aktywność w testach na dysmutazę ponadtlenkową i dehydrogenazę mleczanową oraz zawartość aldehydu malonowego i całkowitą zdolność antyoksydacyjną. Z rezultatów tych badań wynika, że saponiny we frakcji n-butanolowej mogą być potencjalnym produktem antyoksydacyjnym, ponieważ stres oksydacyjny był łagodzony przez CCl_4 [Chen i in. 2014].

W innym eksperymencie bogata w saponiny i fenole odtłuszczona mączka z nasion *Hibiscus cannabinus* L. (Malvaceae) zawierała największą ilość związków fenolowych i saponin w postaci pochodnych n-butanolu, następnie ekstraktu etanolowego i wodnego [Chan i in. 2014]. W wielu testach antyoksydacyjnych potwierdzono, że frakcja butanolu miała wyższą aktywność antyoksydacyjną w porównaniu z dwoma pozostałymi. Aktywność ta była silnie skorelowana z zawartością wymienionych dwóch grup antyoksydantów. Uwzględniając, że te trzy analizowane frakcje były bogate w związki przeciwutleniające, stwierdzono, że mączka z nasion *H. cannabinus* może stanowić potencjalny składnik aktywny w nutraceutykach, w naturalnych konserwantach i żywności funcjonalnej [Chan i in. 2014].

Działanie przeciwzapalne

Aktywność przeciwzapalna jest jednym z najważniejszych i najlepiej udokumentowanych działań właściwości biologicznych saponin. Istnieją obiecujące dane dotyczące możliwości ich wykorzystania w leczeniu schorzeń neurodegradacyjnych, które są obecnie ważnym problemem zdrowotnym [Jang i in. 2013]. W badaniach przeprowadzonych na linii unieśmiertelnionych komórek mikrogleju myszy BV2 potwierdzono, że saponiny pozyskane z korzeni *Platycodon grandiflorus* (rozwaru wielkokwiatowy, Campanulaceae) wyraźnie ograniczały indukowane lipopolisacharydem (LPS) uwalnianie neurotoksycznych mediatorów prozapalnych, w tym tlenku azotu (NO) i prostagalandyny E_2 (PGE_2) oraz prozapalnych cytokin, TNF-α i interleukiny-1β (IL-1β), nie powodując przy tym efektu cytotoksycznego. Jednocześnie saponiny zmniejszały aktywność jądrowego czynnika transkrypcyjnego NF kappa (NF-κB), zapobiegając jego translokacji z cytoplazmy do jądra, hamowały również indukowaną obecnością LPS fosforylację serynowo-treoninowej kinazy białkowej B (AKT) oraz kinazy białka aktywowanego przez mitogen (MAPK). Przeciwzapalne działanie saponin jest zatem efektem hamowania aktywacji NF-κB i szlaków sygnałowych kinazy 3-fosfatydyloinozytolu i kinazy białkowej AKT (PI3K/AKT) oraz MAPK [Jang i in. 2013]. Z badań na liniach komórkowych BV2 oraz męskich osobnikach myszy szczepu ICR (20–30 g), przeprowadzonych przez zespół badaczy kiero-

wany przez Lee [2012] wynika, że triterpenowe saponiny izolowane z *Caulophyllum thalictroides* (Berberidaceae) ograniczały indukowaną LPS ekspresję syntazy NO, jak również tłumiły ekspresję TNF-α, IL-1β, i IL-6 w komórkach mikrogleju oraz hamowały wyrażanie COX-2, NOS i cytokin prozapalnych w nadnerczach myszy, wykazując w ten sposób działanie przeciwzapalne. Zdaniem autorów gatunek ten może mieć potencjalne terapeutyczne zastosowanie w łagodzeniu objawów chorób związanych ze stanem zapalnym.

Wyniki przedklinicznych badań przeprowadzonych na myszach Swiss Albino (17–27 g) oraz szczurach Wistar (150–200 g), na podstawie karageninowy testu obrzęku łapy, wskazują na obiecujące działanie dotyczące przeciwzapalnej aktywności ekstraktów saponin z różnych organów pięciu nigeryjskich gatunków roślin leczniczych [Hassan i in. 2012]. Badane gatunki: *Dichrostachys cinerea* Linn (liście), *Ficus iteophylla* Miq (kora i łodygi), *Schwenkia americana* Linn (całe rośliny), *Asparagus africanus* Lam (kłącza), *Indigofera pulchra* Willd (liście) redukowały stan zapalny odpowiednio w: 72%, 66%, 61%, 55% i 40%. Jednakże konieczne są dalsze badania nad terapeutycznymi właściwościami ekstraktów saponinowych w/w gatunków oraz izolacja i szczegółowa identyfikacja występujących w nich saponin. W badaniach z wykorzystaniem jako obiektu biologicznego niespokrewnionej wielofunkcyjnej rasy szczurów albinosów CD® IGS (Sprague Dawley) o masie 180–200 g wykazano, że wzbogacona w saponiny butanolowa frakcja wodnoalkoholowego ekstraktu z *Agave brittoniana* T. subsp. *brachypus* jest w głównym stopniu odpowiedzialna za przeciwzapalny efekt uzyskany w ostrych i przewlekłych modelach eksperymentalnych [González-Madariaga i in. 2020].

W ostrym modelu karageninowego obrzęku łapy szczura najwyższy stopień łagodzenia stanu zapalnego stwierdzono po trzech godzinach leczenia w obrębie grupy osobników otrzymujących dawki 50 mg/kg i 100 mg/kg frakcji wzbogaconej w saponinę. Z kolei w modelu przewlekłym przeciwzapalne działanie ekstraktu butanolowego wzbogaconego saponinami (100 mg/kg) przejawiało się zmniejszeniem suchej masy ziarniniaka oraz zwiększeniem procentowego powstrzymania stanu zapalnego [González-Madariaga i in. 2020]. Potrzebne są jednak dalsze badania w kierunku poszukiwania nowych fitozwiązków z grupy saponin o wysokiej aktywności przeciwutleniającej i przeciwzapalnej oraz próby kliniczne potwierdzające ich skuteczność w przygotowanej recepturze farmaceutycznej lub kosmetycznej, a także określenie standaryzacji i bezpieczeństwa ich stosowania.

Podsumowanie

Ważnym czynnikiem przy formowaniu naturalnego produktu jest dobór m.in. odpowiednich antyoksydacyjnych związków chemicznych, potwierdzających stabilność oraz synergiczne ich działanie w produktach farmaceutycznych lub kosmetycznych. Aktywność biologiczna saponin triterpenowych i steroidowych jest zróżnicowana. Obejmuje m.in. działanie: przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne i przeciwgrzybiczne, antyoksydacyjne, przeciwzapalne, spazmolityczne i wykrztuśne. Obiecujące dane wskazują na przeciwzapalną aktywność saponin pozyskanych z *Platycodon grandiflorus*, *Caulophyllum thalictroides*, *Schwenkia americana*, *Asparagus africanus*, *Dichrostachys cinerea*, *Ficus iteophylla*, *Indigofera pulchra* oraz *Agave brittoniana* T. subsp. *brachypus*, co uzasadnia ich zastosowanie w łagodzeniu stanów zapalnych. Działanie przeciwzapalne saponin jest efektem hamowania aktywacji NF-κB oraz szlaków sygnałowych kinazy 3-fosfatydyloinozytolu i kinazy białkowej AKT (PI3K/AKT) oraz MAPK. Możliwe jest wykorzystanie saponin o aktywności antyoksydacyjnej i przeciwzapalnej do opracowania nowych receptur mogących znaleźć zastosowanie w leczeniu schorzeń neurodegradacyjnych, które są obecnie ważnym problemem zdrowotnym.

Bibliografia

Achouri A., Derbré S., Medjroubi K., Laouer H., Séraphin D., Akkal S., 2017. Two new triterpenoid saponins from the leaves of *Bupleurum lancifolium* (Apiaceae). Nat. Prod. Res. 31(19), 2286–2293. https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1324960

Aghel N., Moghimipour E., Raies Dana A., 2010. Formulation of a herbal shampoo using total saponins of *Acanthophyllum squarrosum*. Iran J. Pharm. Res. 6(3), 167–172. https://doi.org/10.22037/IJPR.2010.717

Aktas R.N., Tontul I., 2021. Usability of soapwort and horse chestnut saponin extracts as foaming agents in foam mat drying of pomegranate juice. J. Sci. Food Agric. 101(2), 786–793. https://doi.org/10.1002/jsfa.10770

Alexyuk P.G., Bogoyavlenskiy A.P., Alexyuk M.S., Zaitseva I.A., Omirtaeva E.S., Berezin V.E., Turmagambetova A.S., 2019. Adjuvant activity of multimolecular complexes based on *Glycyrrhiza glabra* saponins, lipids, and influenza virus glycoproteins. Arch. Virol. 164(7), 1793–1803. https://doi.org/10.1007/s00705-019-04273-2

Bader G., Seibold M., Tintelnot K., Hiller K., 2000. Cytotoxicity of triterpenoid saponins. Part 2: Relationships between the structures of glycosides of polygalacic acid and their activities against pathogenic *Candida species*. Pharmazie 55(1), 72–74.

Bai M., Yao G.D., Ren Q., Li Q., Liu Q.B., Zhang Y., Song S.J., 2018. Triterpenoid saponins and flavonoids from licorice residues with anti-inflammatory activity. Ind. Crop. Prod. 125(10), 50–58. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.075

Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Hill R.A., Klaassen C.D., Liebler D.C., Marks J.G. Jr, Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Gill L.J., Heldreth B., 2019. Safety assessment of *Camellia sinensis*-derived ingredients as used in cosmetics. Int. J. Toxicol. 38(3), 48–70. https://doi.org/10.1177/1091581819889914

Bezerra K.G.O., Rufino R.D., Luna J.M., Sarubbo L.A., 2018. Saponins and microbial biosurfactants: Potential raw materials for the formulation of cosmetics. Biotechnol. Prog. 34(6), 1482–1493. https://doi.org/10.1002/btpr.2682

Chan K.W., Iqbal S., Khong N.M., Ooi D.J., Ismail M., 2014. Antioxidant activity of phenolics–saponins rich fraction prepared from defatted kenaf seed meal. LWT – Food Sci. Technol. 56(1),181–186. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.028

Chen P.Y., Chang C.C., Huang H.C., Zhang L.J., Liaw C.C., Lin Y.C., Nguyen N.L., Vo T.H., Cheng Y.Y., Morris-Natschke S.L., Lee K.H., Kuo Y.H., 2019. New dammarane-type saponins from *Gynostemma pentaphyllum*. Molecules 24(7), 1375. https://doi.org/10.3390/molecules24071375

Chen Y., Miao Y., Huang L., Li J., Sun H., Zhao Y., Yang J., Zhou W., 2014. Antioxidant activities of saponins extracted from *Radix Trichosanthis*: an *in vivo* and *in vitro* evaluation. BMC Complement. Altern. Med. 14(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-86

Chuarienthong P., Lourith N., Leelapornpisid P., 2010. Clinical efficacy comparison of anti-wrinkle cosmetics containing herbal flavonoids. Int. J. Cosmet. Sci. 32(2), 99–106. https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2010.00522.x

Costa R., Santos L., 2017. Delivery systems for cosmetics-from manufacturing to the skin of natural antioxidants. Powder Technol. 322, 402-416. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.07.086

Doost A.S., Van Camp J., Dewettinck K., Van der Meeren P., 2019. Production of thymol nanoemulsions stabilized using *Quillaja* saponin as a biosurfactant: antioxidant activity enhancement. Food Chem. 293, 134–143. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.090

Fleck J.D., Betti A.H., Pereira da Silva F., Troian E., Olivaro C., Ferreira F., Verza S.G., 2019. Saponins from *Quillaja saponaria* and *Quillaja brasiliensis:* particular chemical characteristics and biological activities. Molecules 24(1), 171. http://doi.org/10.3390/molecules24010171

Geisler R., Dargel C., Hellweg T., 2020. The biosurfactant β-aescin: a review on the physicochemical properties and its interaction with lipid model membranes and langmuir monolayers. Molecules 25(1), 117. https://doi.org/10.3390/molecules25010117

Gonzalez P.J., Sörensen P.M., 2020. Characterization of saponin foam from *Saponaria officinalis* for food applications. Food Hydrocoll. 101, 105541. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105541

González-Madariaga Y., Mena-Linares Y., Martín-Monteagudo D., Valido-Díaz A., Orestes Guerra-de-León J., Nieto-Reyes L., 2020. *In vivo* anti-inflammatory effect of saponin-enriched fraction from *Agave brittoniana* Trel subspecie *brachypus*. Ars Pharm. 61(4), 231–237. http://dx.doi.org/10.30827/ars.v61i4.15352

Góral I., Wojciechowski K., 2020. Surface activity and foaming properties of saponin-rich plants extracts. Adv. Colloid Interface Sci. 279, 102145. https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.1021450001-8686

Guo L., Su J., Deng B.W., Yu Z.Y., Kang L.P., Zhao Z.H., Shan Y.J., Chen J.P., Ma B.P., Cong Y.W., 2008. Active pharmaceutical ingredients and mechanisms underlying phasic myometrial contractions stimulated with the saponin extract from *Paris polyphylla* Sm. var. *yunnanensis* used for abnormal uterine bleeding. Hum. Reprod. 23(4), 964–971. https://doi.org/10.1093/humrep/den001

Guo Y.P., Shao L., Wang L., Chen M.Y., Zhang W., Huang W.H., 2021. Bioconversion variation of ginsenoside CK mediated by human gut microbiota from healthy volunteers and colorectal cancer patients. Chin. Med. 16, 28. https://doi.org/10.1186/s13020-021-00436-z

Haridas V., Higuchi M., Jayatilake G.S., Bailey D., Mujoo K., Blake M.E., Arntzen Ch.J., Gutterman J.U., 2001. Avicins: triterpenoid saponins from *Acacia victoriae* (Bentham) induce apoptosis by mitochondrial perturbation. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98(10), 5821–5826. https://doi.org/ 10.1073/pnas.101619098

Hassan H.S., Sule M.I., Musa A.M., Musa K.Y., Abubakar M.S., Hassan A.S., 2012. Anti-inflammatory activity of crude saponin extracts from five Nigerian medicinal plants. Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med. 9(2), 250–255. https://doi.org/10.4314/ajtcam.v9i2.10

Hassan S.M., Byrd J.A., Cartwright A.L., Cartwright A.L., Bailey Ch.A., 2010. Hemolytic and antimicrobial activities differ among saponin-rich extracts from guar, quillaja, yucca, and soybean. Appl. Biochem. Biotechnol. 162(4), 1008–1017. https://doi.org/10.1007/s12010-009-8838-y

Hernández-Vázquez J.M.V., López-Muñoz H., Escobar-Sánchez M.L., Flores-Guzmán F., Weiss-Steider B., Hilario-Martínez J.C., Sandoval-Ramírez J., Fernández-Herrera M.A., Sánchez Sánchez L., 2020. Apoptotic, necrotic, and antiproliferative activity of diosgenin and diosgenin glycosides on cervical cancer cells. Eur. J. Pharmacol. 871, 172942. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.172942

Herranz-López M., Barrajón-Catalán E., 2020. Antioxidants and skin protection. Antioxidants 9(8), 704. https://doi.org/10.3390/antiox9080704

Herrling T., Jung K., Fuchs J., 2008. The role of melanin as protector against free radicals in skin and its role as free radical indicator in hair. Spectrochim. Acta A 69(5), 1429–1435. https://doi.org/10.1016/j.saa.2007.09.030

Hsu Y.L., Kuo P.L., Weng T.C., Yen M.H., Chiang L.C., Lin C.C., 2004. The antiproliferative activity of saponin-enriched fraction from *Bupleurum* kaoi is through fas-dependent apoptotic pathway in human non-small cell lung cancer A549 cells. Biol. Pharm. Bull. 27(7), 1112–1115. http://doi.org/10.1248/bpb.27.1112

Jang K., Kim H.K., Han M.H., Oh Y.N., Yoon H., Chung Y.H., Kim G.Y., Hwang H.J., Kim B.W., Choi Y.H., 2013. Anti-inflammatory effects of saponins derived from the roots of *Platycodon grandiflorus* in lipopolysaccharide stimulated BV2 microglial cells. Int. J. Mol. Med. 31(6), 1357–1366. https://doi.org/10.3892/ijmm.2013.1330

Jarzębski M., Siejak P., Smułe W., Fathordoobady F., Guo Y., Pawlicz J., Trzeciak T., Kowalczewski P.Ł., Kitts D.D., Singh A., Pratap Singh A., 2020. Plant extracts containing saponins affects the stability and biological activity of hempseed oil emulsion system. Molecules 25(11), 2696. https://doi.org/10.3390/molecules25112696

Jarzębski M., Smułek W., Siejak P., Kobus-Cisowska J., Pieczyrak D., Baranowska H. M., Jakubowicz J., Sopata M., Białopiotrowicz T., Kaczorek E., 2019. *Aesculus hippocastanum* L. extract as a potential emulsion stabilizer. Food Hydrocoll. 97, 105237. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105237

Jenner H., Townsend B., Osbourn A., 2005. Unravelling triterpene glycoside synthesis in plants: phytochemistry and functional genomics join forces. Planta 220(4), 503–506. https://doi.org/10.1007/s00425-004-1434-z

Jiménez-Pérez Z.E., Singh P., Kim Y.J., Mathiyalagan R., Kim D.H., Lee M.H., Yang D.C., 2018. Applications of *Panax ginseng* leaves-mediated gold nanoparticles in cosmetics relation to antioxidant, moisture retention, and whitening effect on B16BL6 cells. J. Ginseng Res. 42(3), 327–333. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2017.04.003

Kawasaki T, Nishioka I., 1964. Digitalis Saponins. I. Seed Saponins of *Digitalis purpurea* L. (Commercial "Digitonin"). Chem. Pharm. Bull. 12(10), 1250–1253. https://doi.org/10.1248/cpb.12.1250

Kim A.R., Kim S.W., Lee B.W., Kim K.H., Kim W.H., Seok H., Lee J.H., Um J., Yim S.H., Ahn Y., Jin S.W., Jung D.W. Oh W.K., Williams D.R., 2020. Screening ginseng saponins in progenitor cells identifies 20 (R)-ginsenoside Rh 2 as an enhancer of skeletal and cardiac muscle regeneration. Sci. Rep. 10(1), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61491-4

Kim H.Y., Yu R., Kim J.S., Kim Y.K., Sung M.K., 2004. Antiproliferative crude soy saponin extract modulates the expression of IκB, protein kinase C, and cyclooxygenase-2 in human colon cancer cells. Cancer Lett. 210(1), 1–6. https://doi.org10.1016/j.canlet.2004.01.09

Kolhe S.S., Rachh P.R., 2018. Review on potent anti-diabetic plants or herbs from traditional medicine. J Drug Deliv. Ther. 8(5), 92–98. https://doi.org/10.22270/jddt.v8i5.1856

Kołodziej B., Sęczyk Ł., Sugier D., Kędzia B., Chernetskyy M., Gevrenova R, Henry M., 2019. Determination of the yield, saponin content and profile, antimicrobial and antioxidant activities of three *Gypsophila* species. Ind. Crops Prod. 138, 111422. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.071

Kregiel D., Berlowska J., Witonska I., Antolak H., Proestos C., Babic M., Babic L., Zhang B., 2017. Saponin-based, biological-active surfactants from plants. W: R. Najjar (red.), Application and characterization of surfactants. BoD–Books on Demand, 183–205. https://dx.doi.org/10.5772/68062

Kusumawati I., Indrayanto G., 2013. Natural antioxidants in cosmetics. W: A.U. Rahman (red.), Studies in natural products chemistry. Elsevier, 485–505. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59603-1.00015-1

Lee D.S., Hong I.K., Song H.G., 2019. Antimicrobial activity of fraction mixture of ethanol extracts from *Eucalyptus globulus*, *Yucca recurvifolia*, and *Melaleuca alternifolia* against several human skin microbes. Korean J. Microbiol. 55(1), 46–51. https://doi.org/10.7845/kjm.2019.9014

Lee D.Y., Noh H.J., Choi J., Lee K.H., Lee M.H., Lee J.H., Hong Y., Lee S.E., Kim S.Y., Kim G.S., 2013. Anti-inflammatory cycloartane-type saponins of *Astragalus membranaceus*. Molecules 18(4), 3725–3732. https://doi.org/10.3390/molecules18043725

Lee Y., Jung J.C., Ali Z., Khan I.A., Oh S., 2012. Anti-inflammatory effect of triterpene saponins isolated from blue cohosh (*Caulophyllum thalictroides*). Evid Based Complement. Alternat. Med. 2012, 798192. https://doi.org/10.1155/2012/798192

Liao Y., Li Z., Qing Z., Sheng M., Qu Q., Shi Y., Yang J., Lv L., Dai X., Shi, X., 2021. Saponin surfactants used in drug delivery systems: A new application for natural medicine components. Int. J. Pharm. 603, 120709. https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2021.120709

Lin C., Chen Y., Lin Y., Wang X., Hu L., Cao Y., Chen Y., 2021. Antistress and anti-aging activities of *Caenorhabditis elegans* were enhanced by *Momordica* saponin extract. Eur. J. Nutr. 60(4), 1819–1832. https://doi.org/10.1007/s00394-020-02338-6

Lorent J.H., Quetin-Leclercq J., Mingeot-Leclercq M.P., 2014. The amphiphilic nature of saponins and their effects on artificial and biological membranes and potential consequences for red blood and cancer cells. Org. Biomol. Chem. 12(44), 8803–8822. https://doi.org/10.1039/c4ob01652a

Masullo M., Pizza C., Piacente S., 2016. *Ruscus* genus: a rich source of bioactive steroidal saponins. Planta Med. 82(18), 1513–1524. https://doi.org/10.1055/s-0042-119728

Nizioł-Łukaszewska Z., Bujak T., 2018. Saponins as natural raw materials for increasing the safety of bodywash cosmetic use. J. Surfactants Deterg. 21(6), 767–776. https://doi.org/10.1002/jsde.12168

Nkafamiya I.I., Honda J.T., Eneche J.E., Haruna M., 2018. Extraction and Evaluation of a saponin-base surfactant from *Cissus populnea* plant as an emulsifying agent. Asian J. Chem. Sci. 4(1), 1–7. https://doi.org/10.9734/AJOCS/2018/39509

Oldridge T.A., 2018. Basic viability of saponin from soapwort as a austainable laundry detergent. Leuphana University of Lüneburg Environmental Sciences Umweltwissenschaften (ab Wintersemester 2015/2016), https://pub-data.leuphana.de/frontdoor/index/index/docId/887

Parus A., 2013. Właściwości farmakologiczne saponin. Post. Fitoter. 3, 200–204.

Podolak I., Koczurkiewicz P., Galanty A., Michalik M., 2013. Cytotoxic triterpene saponins from the underground parts of six Lysimachia L. species. Biochem. System. Ecol. 47, 116–120. https://doi.org/10.1016/j.bse.2012.10.003

Rao A.V., Gurfinkel D.M., 2000. The bioactivity of saponins: triterpenoid and steroidal glycosides. Drug Metabol. Drug Interact. 17(1–4), 211–236. https://doi.org/10.1515/DMDI.2000.17.1-4.211

Ravi L., Manasvi V., 2016. Antibacterial and antioxidant activity of saponin from *Abutilon indicum* leaves. Asian J. Pharm. Clin. Res. 9(3), 344–347. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9s3.15064

Ribeiro B.D., Alviano D.S., Barreto, D.W., Coelho M.A. Z., 2013. Functional properties of saponins from sisal (*Agave sisalana*) and juá (*Ziziphus joazeiro*): critical micellar concentration, antioxidant and antimicrobial activities. Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp. 436, 736–743. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.08.007

Ronsisvalle S., Panarello F., Longhitano G., Siciliano E. A., Montenegr, L., Panico A., 2020. Natural flavones and flavonols: Relationships among antioxidant activity, glycation, and metalloproteinase inhibition. Cosmetics 7(3), 71. https://doi.org/10.3390/cosmetics7030071

Sahu N.P., Banerjee S., Mondal N.B., Mandal D., 2008. Steroidal saponins. Fortschr. Chem. Org. Naturst. 89, 45–141. https://doi.org/10.1007/978-3-211-74019-4_2

Sarkhel S., 2016. Evaluation of the anti-inflammatory activities of *Quillaja saponaria* Mol. saponin extract in mice. Toxicol. Rep. 2(2015) 1–3. http://dx.doi.org/10.1016/j.toxrep.2015.11.006 2

Schöpke T., Hiller K., 1990. Triterpenoid saponins. Pharmazie 45(5), 313–342.

Sedaghat Doost A., Devlieghere F., Dirckx A., Van der Meeren P., 2018. Fabrication of *Origanum compactum* essential oil nanoemulsions stabilized using *Quillaja* saponin biosurfactant. J. Food Process. Preserv. 42(7), 13668. https://doi.org/10.1111/jfpp.13668

Sędek Ł., Michalik M., 2005. Nowe badania nad saponinami ujawniają ich liczne lecznicze właściwości. Kosmos 54(4), 345–356.

Sevimli-Gür C., Onbaşılar İ., Atilla P., Genç R., Çakar N., Deliloğlu-Gürhan İ., Bedir E., 2011. *In vitro* growth stimulatory and *in vivo* wound healing studies on cycloartane-type saponins of *Astragalus* genus. J. Ethnopharmacol. 134(3), 844–850. https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.01.030

Shanbhag S., Nayak A., Narayan R., Nayak U.Y., 2019. Anti-aging and sunscreens: paradigm shift in cosmetics. Adv. Pharm. Bull. 9(3), 348. https://dx.doi.org/10.15171%2Fapb.2019.042

Sharma V., Singh P., Rani A., 2016. Antimicrobial activity of *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugreek). Eur. Exp. Biol. 7(1), 4. https://doi.org/10.21767/2248-9215.100004

Sidana J., Singh B., Sharma O.P., 2016. Saponins of agave: Chemistry and bioactivity. Phytochemistry 130, 22–46, https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.06.010

Simmons-Boyce J.L., Tinto W.F., 2007. Steroidal saponins and sapogenins from the Agavaceae family. NPC Nat. Prod. Commun. 2(1), 99–114. https://doi.org/10.1177/1934578X0700200120

Smułek W., Zdarta A., Pacholak A., Zgoła-Grześkowiak A., Marczak, Ł. Jarzębski, M., Kaczorek E., 2017. *Saponaria officinalis* L. extract: Surface active properties and impact on environmental bacterial strains. Colloids Surf. B 150, 209–215. https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.11.035

Sparg S.G., Light M.E., Van Staden J., 2004. Biological activities and distribution of plant saponins. J. Ethnopharmacol. 94(2-3), 219–243. https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.016

Tamura Y., Miyakoshi M., Yamamoto M., 2012. Application of saponin-containing plants in foods and cosmetics. W: H. Sakagami (red.), Alternative Medicine. InTech, Rijeka, 85–101. http://dx.doi.org/10.5772/53333

Tatia R., Zalaru Ch., Craciunescu O., Moldovan L., Oancea A., Calinescu I., 2019. Optimization of triterpene saponins mixture with antiproliferative activity. Appl. Sci. 9(23), 5160. https://doi.org/10.3390/app9235160

Tsang T.F., Chan B., Tai W.Ch.S., Huang G., Wang J., Li X., Jiang Z.H., Hsiao WLW., 2019. *Gynostemma pentaphyllum* saponins induce melanogenesis and activate cAMP/PKA and Wnt/β-catenin signaling pathways. Phytomedicine 60, 153008. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2019.153008

Tugce Ozkan M., Aliyazicioglu R., Demir S., Misir S., Turan I., Yildirmis S., Aliyazicioglu Y., 2017. Phenolic characterisation and antioxidant activity of *Primula vulgaris* and its antigenotoxic effect on fibroblast cells. Jundishapur J. Nat. Pharm. Prod. 12(1), 4007. https://dx.doi.org/10.5812/jjnpp.40073

Vincken J.P., Heng L., de Groot A., Gruppen H., 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. Phytochemistry 68(3), 275–297. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.10.008

Wang H., Gao J., Kou J., Zhu D., Yu B., 2008. Anti-inflammatory activities of triterpenoid saponins from *Polygala japonica*. Phytomedicine 15(5), 321–326. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2007.09.014

Weng A., Görick C., Melzig M.F., 2009. Enhancement of toxicity of saporin-based toxins by *Gypsophilla saponins* – kinetic of the saponin. Exp. Biol. Med. 234, 961–966. https://doi.org/10.3181/0902-BC-71

Włodarczyk M., Pasikowski P., Osiewała K., Frankiewicz A., Dryś A., Gleńsk M., 2020. In search of high-yielding and single-compound-yielding plants: new sources of pharmaceutically important saponins from the Primulaceae family. Biomolecules 10, 376. https://doi.org/10.3390/biom10030376

Xu Z.X, Ding T., Haridas V., Connolly F., Gutterman J.U., 2009. Avicin D, a plant triterpenoid, induces cell apoptosis by recruitment of fas and downstream signaling molecules into lipid rafts. PLoS One 4(12), 8532 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008532

Yang C.H., Huan, Y.C., Chen Y.F., Chang M.H., 2010. Foam properties, detergent abilities and long-term preservative efficacy of the saponins from *Sapindus mukorossi*. J. Food Drug Anal. 18(3), 155–160. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2270

Yin X., Zhang Y., Wu H., Zhu X., Zheng X., Jiang S.,Zhuo H., Shen J., Li L., Qiu J., 2004. Protective effects of *Astragalus saponin* I on early stage of diabetic nephropathy in rats. J. Pharmacol. Sci. 95(2), 256–266. http://doi.org/10.1254/jphs.fp0030597

Streszczenie. Saponiny zbudowane są z łańcucha 3–5 monocukrów (prostych lub rozgałęzionych) i składnika niecukrowego aglikonu (sapogeniny), połączonego z cukrowcem wiązaniem glikozydowym. W królestwie roślin występują w środowisku naturalnym w ok. 500 gatunkach notowanych w różnych strefach klimatycznych. Taksony te gromadzą saponiny w różnych surowcach: korzeniach, zielu, kwiatach i nasionach. Wysoka zdolność saponin do obniżania napięcia powierzchniowego roztworów wodnych powoduje, że w kontakcie z wodą mogą tworzyć pianę. Saponiny wyizolowane z rodzajów m.in.: *Aesculus*, *Agave*, *Bupleurum*, *Camellia*, *Dioscorea*, *Glycyrrhiza*, *Panax*, *Primula*, *Ruscus*, *Saponaria Trigonella*, *Yucca* wykazywały wysoką aktywność antyoksydacyjną. Z kolei obiecujące dane wskazują na przeciwzapalną aktywność saponin pozyskanych z rodzaju: *Agave*, *Asparagus*, *Caulophyllum*, *Dichrostachys*, *Ficus*, *Indigofera*, *Platycodon* i *Schwenkia*. Łagodzenie stanów zapalnych jest efektem hamowania aktywacji NF-κB oraz szlaków sygnałowych kinazy 3-fosfatydyloinozytolu i kinazy białkowej AKT (PI3K/AKT) oraz MAPK. Saponiny o aktywności antyoksydacyjnej i przeciwzapalnej mogą znaleźć zastosowanie w leczeniu schorzeń neurodegradacyjnych**,** które są obecnie ważnym problemem zdrowotnym.

Słowa kluczowe: surowce roślinne, fitozwiązki, saponozydy, aktywność antyoksydacyjna, działanie przeciwzapalne

Zastosowanie olejków eterycznych w kosmetologii

Magdalena Walasek-Janusz[1], Ewa Dorota Zalewska[1✉],
Grażyna Zawiślak[1], Robert Gruszecki[1]

Olejki eteryczne to szeroko rozpowszechnione w świecie roślin metabolity wtórne. Są to lotne, lipofilowe, płynne substancje, których najważniejszymi składnikami są terpeny. Olejki eteryczne pod względem chemicznym stanowią wieloskładnikowe, płynne mieszaniny związków seskwiterpenowych i monoterpenowych oraz ich pochodnych, w tym również pochodnych aromatycznych. Najczęściej występującymi pochodnymi są substancje o charakterze ketonów, alkoholi, estrów, aldehydów czy eterów. Olejki eteryczne uzyskuje się najczęściej podczas destylacji z parą wodną lub przez ekstrahowanie określonym rozpuszczalnikiem materiału roślinnego [Rassem i in. 2016, Kohlmünzer 2017, Wolski i in. 2017]. Cechą charakterystyczną olejków jest ich bardzo duże zróżnicowanie. Pod względem składników stanowią mieszaninę kilku, kilkudziesięciu, a czasem nawet ok. 400 różnych substancji chemicznych. Ze względu na aktywność farmakologiczną oraz zapach tych związków zastosowanie ich w kosmetologii jest bardzo różnorodne [Trytek i in. 2007, Bakkali i in. 2008, Abers i in. 2021]. Mieszaniny tworzące olejki najczęściej różnią się zawartością, stężeniem oraz właściwościami składników wchodzących w ich skład. Najczęściej o aktywności danego olejku decyduje związek, którego stężenie procentowe w mieszaninie jest największe.

Celem pracy było przedstawienie właściwości olejków eterycznych stosowanych w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem kosmetologii oraz w aromaterapii.

Właściwości olejków eterycznych

Różnorodność substancji występujących w olejkach eterycznych decyduje o ich szerokim zakresie działania. Dane literaturowe wskazują, że znajdują one zastosowanie zarówno w lecznictwie, jak i praktyce kosmetycznej jako związki o działaniu antyoksydacyjnym, przeciwzapalnym, przeciwbakteryjnym, prze-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa, ul. Doświadczalna 50A, 20-280 Lublin
✉ ewa.zalewska@up.lublin.pl

ciwgrzybiczym i antyseptycznym. Bardzo ważnym aspektem użytkowym olejków eterycznych jest możliwość wykorzystania ich walorów zapachowych i dużej lotności w aromaterapii [Bennike i Johansen 2018]. Aromaterapia jest zaliczana do medycyny tradycyjnej, w której stosuje się produkty pochodzenia naturalnego, najczęściej są to związki i ich mieszaniny otrzymywane z różnych części roślin. Według Polskiego Towarzystwa Aromaterapeutycznego (PTA) [2021] olejki eteryczne stosowane w aromaterapii wprowadzane są do organizmu za pomocą dróg oddechowych w postaci inhalacji, poprzez wąchanie i wdychanie oraz poprzez skórę w postaci różnego rodzaju kosmetyków, oliwek i maści leczniczych bądź poprzez masaże, kąpiele i kompresy. W aromaterapii nigdy nie należy podawać olejków drogą doustną oraz w domowej aromaterapii również nie zaleca się stosowania olejków nierozcieńczonych, ponieważ mogą one doprowadzić do ciężkich działań niepożądanych w miejscu aplikacji [PTA 2021].

Olejki eteryczne ze względu na bogactwo składników wykazują szerokie działanie farmakologiczne oraz fizjologiczne na organizm człowieka, dlatego też wykorzystywane są zarówno w profilaktyce, jak i w terapii wielu schorzeń. Stosowane są w kosmetologii, do produkcji kosmetyków, jak również jako składniki zabiegów pielęgnacyjnych czy też masaży, kąpieli leczniczych [Marwicka i in. 2015]. Cechą charakterystyczną prawie wszystkich olejków jest działanie antyseptyczne dzięki zawartości np. związków fenolowych oraz tymolu i eugenolu. Najbardziej znanym olejkiem o szerokim spectrum działania przeciwbakteryjnego jest olejek z drzewa herbacianego, który jest skuteczny wobec ponad 30 szczepów bakterii [Sienkiewicz i in. 2007, Hołderna-Kędzia 2010, Kaniewska 2011, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2012]. Działanie przeciwbakteryjne olejków w kosmetologii jest wykorzystywane w leczeniu bakteryjnych chorób skóry, w leczeniu trądziku i łupieżu oraz przy wyrobie kosmetyków, gdyż są one stosowane jako konserwanty. Ponadto olejki eteryczne wykazują działanie przeciwgrzybicze, przeciwzapalne, pielęgnacyjne, antyseptyczne, przeciwbólowe oraz antycellulitowe. Przykładem takiego olejku jest olejek cedrowy [Matuszewska 2010].

Działanie drażniące skórę

Olejki eteryczne mogą być aplikowane zewnętrznie jako środki drażniące skórę. Podane bezpośrednio na jej powierzchnię powodują podrażnienie zakończeń nerwowych, czego efektem jest zaczerwienienie, niekiedy wywołują stan zapalny czy też alergiczne kontaktowe zapalenie skóry. Do olejków drażniących

zaliczane są przede wszystkim te, które w swym składzie mają m.in. pinen, limonen, borneol, kamforę, izosiarkocyjaniany, cyneol i są to np. olejki terpentynowe, olejek rozmarynowy, eukaliptusowy, sandałowy czy też olejek gorczycowy [Kohlmünzer 2017, Bennike i Johansen 2018].

Rozwiązaniem bardzo obiecującym i pomijającym efekt podrażnienia jest wykorzystanie nanostruktur jako nośników substancji czynnych wchodzących w skład olejków eterycznych. Przykładem takiego zastosowania jest eugenol wykazujący działanie przeciwzapalne i właściwości przeciwutleniające. Związek ten może być w takiej postaci transportowany w głębsze warstwy skóry, wywołując zamierzony efekt terapeutyczny a niwelując działania niepożądane [De Araújo Lopes i in. 2018].

Olejki eteryczne działające drażniąco na skórę mogą być wykorzystane leczniczo szczególnie jako środki przeciwbólowe oraz rozgrzewające. Zwłaszcza odpowiednio rozcieńczone mogą być także stosowane w leczeniu różnego rodzaju dermatoz. Najnowsze badania wskazują, iż olejek lawendowy oraz jego składniki: linalol i octan linalilu po miejscowym podaniu wykazują bardzo dużą skuteczność w zmniejszaniu objawów łuszczycy [Rai i in. 2020].

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa

Jedną z najważniejszych aktywności farmakologicznych olejków eterycznych jest działanie przeciwbakteryjne. Obecnie w związku z nadużywaniem antybiotyków obserwuje się wzrost antybiotykoodporności wśród bakterii chorobotwórczych. Dlatego też coraz większe znaczenie ma poszukiwanie nowych związków o działaniu przeciwbakteryjnym i wprowadzanie ich do kosmetologii oraz aromaterapii. Olejki eteryczne wykazują zarówno działanie bakteriostatyczne, jak i bakteriobójcze. W badaniach przeprowadzonych przez Mumu i Hossain [2018] olejek z drzewa herbacianego wykazał aktywność wobec: *Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes, S. pneumoniae, S. agalactiae, Pseudomonas aeruginosa, Proteus vulgaris, Aeromonas hydrophila, Escherichia coli, Bacillus subtilis* i *Klebsiella pneumonia,* ponadto jego skuteczność była większa niż tradycyjnie stosowanych antybiotyków. Natomiast olejek eukaliptusowy w prezentowanym badaniu okazał się najbardziej skuteczny wobec szczepów bakterii *S. aureus, P. vulgaris* i *A. hydrophila*. Olejek z drzewa herbacianego, dodatkowo posiada działanie przeciwbakteryjne wobec szczepu *P. aeruginosa* izolowanego bezpośrednio od pacjentów klinicznych z miejscowymi infekcjami skórnymi [Rajeshnidhi i Mahesh 2019]. Zastosowany w kosmetykach do ciała, takich jak balsam i mydło do mycia rąk wykazywał silne działanie przeciwbakteryjne

zwłaszcza wobec szczepu *S. aureus* oraz *E. coli* [Huynh i in. 2012]. Olejki eteryczne z powodzeniem mogą być stosowane w leczeniu grzybic skóry, przykładem takiego olejku jest olejek tymiankowy otrzymywany z *Thymus vulgaris*. W badaniach przeprowadzonych przez Moazeni i in. [2021] zarówno olejek, jak i jego główny składnik – tymol – były skuteczne w zwalczaniu dermatofitów, w tym *Candida albicans, C. glabrata* i *C. parapsilosis* oraz wobec izolowanego szczepu *Aspergillus fumigatus*. W badaniach przeprowadzonych przez Boukhatema i in. [2020] olejek tymiankowy wykazał znaczące działanie przeciwgrzybicze wobec drożdżaków i grzybów strzępkowych, tj. wobec *Candida tropicalis, C. albicans, C. parapsilosis* oraz *Aspergillus terreus* i *A. fumigatus*. Wymienione powyżej doniesienia naukowe wskazują na wysoką skuteczność olejków eterycznych zarówno wobec bakterii, jak i grzybów. Daje to bardzo duże nadzieje co do zastosowania tych substancji jako skutecznego środka w leczeniu zakażeń grzybiczych i bakteryjnych, w tym skórnych.

Najnowsze doniesienia literatury wskazują, iż nie tylko olejki, ale także poszczególne ich składniki wykazują działanie przeciwbakteryjne. Spośród monoterpenów acyklicznych, monocyklicznych i dicyklicznych największą efektywność wobec wzorcowych szczepów bakterii i grzybów wykazał cytral, borneol, α-terpineol i p-cymen. Najwyższą aktywność bakteriobójczą wobec *S. aureus* wykazał cytronelol, geraniol oraz octan geranylu, natomiast linalol okazał się być skuteczny wobec *E. coli*. Spośród substancji czynnych wchodzących w skład olejków eterycznych silną aktywność wobec *S. aureus* wykazały także α-bisabolol, chamazulen, izoeugenol i α-azaron. Działanie przeciwgrzybicze wobec *C. albicans* wykazał geraniol, octan geranylu, cytronelol, cytronelal, mentol, α-pinen, octan bornylu, tujon oraz chamazulen, farnezol i α-bisabolol [Kaniewski i in. 2016]. W badaniach przeprowadzonych z wykorzystaniem 19 olejków eterycznych, w tym m.in.: olejku z drzewa herbacianego, tymiankowego, z oregano, lawendowego, miętowego i rozmarynowego, dokonano oceny ich aktywności wobec szczepów bakterii Gram-dodatnich, Gram-ujemnych oraz grzybów. Wykazano, że spośród wszystkich badanych składników olejków eterycznych z drzewa herbacianego, rozmarynu i cynamonowca wonnego (olejek kasjowy) substancje lotne są najlepszymi środkami przeciwbakteryjnymi o szerokim spectrum działania [Abers i in. 2021].

Działanie przeciwzapalne

Jak już wcześniej zostało wspomniane, olejki eteryczne wykazują także silne działanie przeciwzapalne. Badania przeprowadzone w warunkach *in vitro* i *in vivo*

wykazały, iż olejki eteryczne mają zdolność do hamowania enzymów procesu zapalnego bądź hamowania syntezy i uwalniania mediatorów związanych z tym procesem w organizmie. Badania przeprowadzone w warunkach *in vitro* z wykorzystaniem monoterpenów, takich jak: terpinen, farnesol, β-kariofilen, D-limonen, *trans*-nerolidol, α-bisabolol, germakren D oraz octan cytronelolu, wykazały, iż związki te najsilniej obniżały aktywność enzymu LOX-5 będącego jednym z enzymów odpowiedzialnych za powstawanie procesu zapalnego w organizmie [Baylac i Racine 2003]. Spośród olejków eterycznych zdolność hamowania enzymu LOX-5 wykazały także olejki otrzymane z *Cinnamomum zeylanicum*, *Aloe barbadensis*, *Juniperus communis*, *Citrus aurantium* subsp. *bergamia*, *Lavandula officinalis*, *Eucalyptus globulus*, *Thymus vulgaris*, *Illicium verum* [Wei i Shibamoto 2010]. Badania wskazują, iż mieszaniny zawierające w swym składzie takie związki jak karwakrol, limonen, cytronellal i aldehyd cynamonowy charakteryzują się właściwościami silnie przeciwzapalnymi [Pérez i in. 2011].

Olejki eteryczne jako konserwanty

Zarówno podłoża maściowe, jak i inne komponenty wchodzące w skład preparatów kosmetycznych, które warunkują właściwą przenikalność substancji leczniczych, są bardzo dobrą pożywką dla rozwoju drobnoustrojów. Czystość mikrobiologiczna stanowi o możliwości użycia danego preparatu, jak również o długości jego stosowania i przechowywania. Bakterie i grzyby zasiedlające kosmetyki przyczyniają się do pogorszenia ich jakości. Drobnoustroje bytujące w preparatach powodują zmiany ich konsystencji, barwy, zapachu, rozdzielenie faz kosmetyku czy wytrącenie się osadu. Dlatego też są one przyczyną ograniczenia trwałości preparatu kosmetycznego, a nawet jego dyskwalifikacji. Ponadto mogą powodować alergię, stany zapalne i dermatozy [Bojarowicz i in. 2018]. W celu zabezpieczenia kosmetyków producenci stosują różnego rodzaju środki konserwujące. Odpowiednio dobrane konserwanty nie mogą wywoływać efektu terapeutycznego, natomiast powinny charakteryzować się dobrą rozpuszczalnością, brakiem toksyczności, odpowiednim pH i dużą aktywnością przeciwdrobnoustrojową. Ponadto nie powinny powodować podrażnienia skóry, alergii i innych efektów ubocznych [Shaw i de Catanzaro 2009, Vandenberg i Bugos 2021]. Dlatego też olejki eteryczne, w związku z ich działaniem przeciwbakteryjnym i przeciwgrzybiczym, są bardzo dobrym wyborem jako naturalne konserwanty [Kaniewski i in. 2016, Bojarowicz i in. 2018, Pal i Piotrowska 2018, Wiśniewska i Parzych 2019]. Jak wykazały badania Herman [2014], olejki ete-

ryczne zastosowane w produkcji leków recepturowych w stężeniu 2,5% wykazały znacznie silniejsze działanie antyseptyczne aniżeli metyloparaben (syntetyczny środek konserwujący) zastosowany w stężeniu 0,4%. Do znanych olejków eterycznych wykazujących właściwości konserwujące należą olejki: konopny, goździkowy, z drzewa herbacianego, rozmarynu lekarskiego, mięty pieprzowej, rokitnika, lawendy lekarskiej, szałwii muszkatołowej czy cynamonowca cejlońskiego. Wśród licznych związków chemicznych zawartych w olejkach eterycznych szczególnie tymol, karwakrol, anetol i aldehyd cynamonowy odznaczają się silnymi właściwościami inhibicyjnymi wobec wielu gatunków drobnoustrojów. Związki α-bisabolol, chamazulen, izoeugenol i α-azaron chronią kosmetyki przed wzrostem *S. aureus*, natomiast chamazulen, farnezol i α-bisabolol hamują wzrost *C. albicans*. Mechanizm działania olejków eterycznych jako konserwantów polega na denaturacji białek lub inaktywacji układów enzymatycznych drobnoustrojów [Adaszyńska i Swarcewicz 2012]. W badaniach Herman [2014] wykazano, że olejek cynamonowy całkowicie hamował wzrost bakterii, drożdży i pleśni. Natomiast w stężeniu 2,5% może być alternatywą dla metyloparabenu w kosmetykach.

Podsumowanie

Aktualne dane literaturowe potwierdzają i wskazują szerokie możliwości wykorzystania olejków eterycznych w kosmetologii oraz aromaterapii ze względu na ich udokumentowane działanie terapeutyczne. Natomiast ich właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze warunkują zastosowanie tych związków w produkcji kosmetyków, w których pełnią funkcję konserwantów. Z kolei ich zapach oddziałuje na strefę psychiczną, co umożliwia ich stosowanie w aromaterapii, bowiem relaksują, uspokajają, poprawiają nastrój oraz pomagają w zasypianiu.

Bibliografia

Abers M., Schroeder S., Goelz L., Sulser A., Rose T.St., Puchalski K., Langland J., 2021. Antimicrobial activity of the volatile substances from essential oils. BMC Complement. Med. Ther. 21(1), 7–14. https://doi.org/10.1186/s12906-021-03285-3

Adaszyńska M., Swarcewicz M., 2012. Olejki eteryczne jako substancje aktywne lub konserwanty w kosmetykach. Wiad. Chem. 66(1–2), 139–158.

Baylac S., Racine P., 2003. Inhibition of 5-lipoxygenase by essential oils and other natural fragrant extracts. Int. J. Aromather. 13(2/3), 138–142. https:/doi.org/10.1016/s0962-4562(03)00083-3

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effect of essentials oils – a review. Food Chem. Toxicol. 46, 446–475.

Bennike N.H., Johansen J.D., 2018. Aromatherapists. W: S. John, J. Johansen, T. Rustemeyer, P. Elsner, H. Maibach (red.), Kanerva's occupational dermatology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40221-5_118-2

Bojarowicz H., Fronczak P., Krysiński J., 2018. Czy kosmetyki mogą nie zawierać konserwantów?. Hygeia Public Health 53(2), 124–131.

Boukhatem M.N., Darwish N.H.E., Sudha T., Bahlouli S., Kellou D., Benelmouok A.B., Chader H., Rajabi M., Benali Y., Mousa S.A., 2020. In vitro antifungal and topical anti-inflammatory properties of essential oil from wild-growing *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) used for medicinal purposes in Algeria: a new source of carvacrol. Sci. Pharm. 88(3), 33. https://doi.org/10.3390/scipharm88030033

De Araújo Lopes A., Da Fonseca F.N., Rocha T.M., De Freitas L.B., Araújo E.V.O., Wong D.V.T., Júnior R.C.P.L., Leal L.K.A.M., 2018. Eugenol as a promising molecule for the treatment of dermatitis: antioxidant and anti-inflammatory activities and its nanoformulation. Oxidative Med. Cell. Longev. (4), 1–13. https://doi.org/10.1155/2018/8194849

Herman A., 2014. Comparison antimicrobial activity of a essential oils, plant extracts and methylparaben in cosmetic emulsions: 2-months study. Indian J. Microbiol. 54(3), 361–364.

Hołderna-Kędzia E., 2010. Działanie substancji olejkowych na bakterie i grzyby. Post. Fitoter. 1(4), 3–8.

Huynh Q., Phan T.D., Thieu V.Q.Q., Tran S.T., Do S.H., 2012. Extraction and refining of essential oil from Australian tea tree, *Melaleuca alterfornia*, and the antimicrobial activity in cosmetic products. J. Phys.: Conf. Ser. 352(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/352/1/012053

Kaniewska M., 2011. Kosmetologia – podstawy. WSiP, Warszawa.

Kaniewski R., Pniewska I., Świejkowski M., 2016. Możliwości wykorzystania olejków eterycznych, ze szczególnym uwzględnieniem olejku konopnego, jako substancji aktywnych i środków konserwujących kosmetyki. Post. Fitoter. 17(2), 125–129.

Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2012. Działanie przeciwdrobnoustrojowe roślinnych pochodnych fenolu. Post. Fitoter. 3, 151–155.

Kohlmünzer S., 2017. Farmakognozja. PZWL, Warszawa, 542–543.

Marwicka J., Niemyska K., Podraza S., 2015. Terapeutyczne właściwości aromaterapii. Kosmetol. Estet. 6/4, 525–531.

Matuszewska B., 2010. Aromaterapia praktyczna. Studio Astropsychologii, Białystok.

Moazeni M., Davari A., Shabanzadeh S, Akhtari J., Saeedi M., Mortyeza-Semnani K., Abastabar M., Nabili M., Moghadam F.H., Roohi B., Kelidari H., Nokhodchi A., 2021. In vitro antifungal activity of *Thymus vulgaris* essential oil nanoemulsion. J. Herb. Med. 28. https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100452

Mumu S.K., Hossain M.M., 2018. Antimicrobial activity of Tea Tree oil against pathogenic bacteria and comparison of its effectiveness with Eucalyptus oil, Lemongrass oil and conventional antibiotics. Am. J. Microbiol. Res. 6(3), 73–78. http://dx.doi.org/10.12691/ajmr-6-3-2

Pal J., Piotrowska A., 2018. Możliwości wykorzystania aromaterapii w gabinecie kosmetycznym. Kosmetol. Estet. 6(7), 631–634.

Pérez S.G., Zavala M.S., Arias L.G., Ramos M.L., 2011. Anti-inflammatory activity of some essential oils. J. Essent. Oil Res. 23(5), 38–44.

Polskie Towarzystwo Aromaterapeutyczne (PTA), 2021. https://aromaterapia.pl/aromaterapia-w-praktyce/ostrzezenie/ [dostęp: 25.06.2021].

Rai V.K., Sinha P., Yadav K.S., Shukla A., Saxena A., Bawankule D.U., Tandon S., Khan F., Chanotiya C.S., Yadav N.P., 2020. Anti-psoriatic effect of *Lavandula angustifolia* essential oil and its major components linalool and linalyl acetate. J. Ethnopharmacol. 261, 113–127. https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113127

Rajeshnidhi K.R., Mahesh R., 2019. Antibacterial activity of tea tree oil against clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa*. Drug Invent. Today 11(6), 1422–1424.

Rassem H.H.A., Nour A.H., Yunus R.M., 2016. Techniques for extraction of essential oil from plants: A review. Austr. J. Basic Appl. Sci. 10(16), 117–127.

Shaw J., de Catanzaro D., 2009. Estrogenicity of parabens revisited: impact of parabens on early pregnancy and an uterotrophic assay in mice. Reprod Toxicol. 28(1), 26–31. https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2009.03.003

Sienkiewicz M., Strycharczyk M., Denys A., Kalemba D., 2007. Aktywność przeciwbakteryjna olejku eterycznego z tymianku pospolitego (*Thymus vulgaris* L.) wobec bakterii z rodzaju *Enterococcus*. Acta Clin. Morph. 10, 31–36.

Trytek M., Paduch R., Fiedurek J., Kandefer-Szerszeń M., 2007. Monoterpeny – stare związki, nowe zastosowania i biotechnologiczne metody ich otrzymywania. Biotechnologia 1, 135–155.

Wei A., Shibamoto T., 2010. Antioxidant/lipoxygenase inhibitory activities and chemical compositions of selected essential oils. J. Agric. Food Chem. 58, 7218–7225.

Wiśniewska H., Parzych A., 2019. Substancje konserwujące w kosmetykach. Słup. Pr. Biol. 16, 131–142.

Wolski T., Najda A., Wolska-Gawron K., 2017. Zawartość lipidów i olejku eterycznego oraz właściwości biologiczne nasion czarnuszki siewnej (*Nigella sativa* L.). Post. Fitoter. 18(3), 235–241. https://doi.org/10.25121/PF.2017.18.3.235

Vandenberg L.N., Bugos J., 2021. Assessing the public health implications of the food preservative propylparaben: has this chemical been safely used for decades. Curr. Environ. Health Rep. 8(2), 1–17.

Streszczenie. Surowce roślinne są źródłem wielu substancji biologicznie czynnych wykorzystywanych w farmacji, w celach medycznych, w kosmetologii oraz do produkcji różnych preparatów kosmetycznych. Olejki eteryczne są metabolitami wtórnymi roślin o właściwościach aromatycznych. Pod względem fizycznym są substancjami płynnymi, natomiast chemicznie stanowią wieloskładnikowe mieszaniny związków seskwiterpenowych i monoterpenowych, a także ich pochodnych. Bogaty skład chemiczny olejków eterycznych decyduje o ich wielokierunkowym działaniu oraz o możliwości ich wykorzystania w różnych dziedzinach medycyny. Zawartość, stężenie oraz właściwości składników wchodzących w ich skład są zróżnicowane, jednakże o aktywności danego olejku decyduje zazwyczaj związek, którego stężenie procentowe w mieszaninie olejku jest największe. Olejki eteryczne wykazują działanie przeciwzapalne, przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze i przeciwbólowe.

Słowa kluczowe: fitoterapia, naturalne konserwanty, roślinne metabolity wtórne, aromaterapia, biokosmetologia

Przegląd wybranych olejków eterycznych wykorzystywanych w kosmetologiii aromaterapii

Magdalena Walasek-Janusz[1], Ewa Dorota Zalewska[1✉],
Grażyna Zawiślak[1], Robert Gruszecki[1]

Surowce roślinne są źródłem substancji biologicznie czynnych wykorzystywanych w wielu dziedzinach medycyny oraz do produkcji kosmetyków. Olejki eteryczne stanowią grupę metabolitów wtórnych, które powstają na skutek zachodzących w roślinie procesów życiowych i zlokalizowane są w tworach egzogennej lub endogennej tkanki wydzielniczej. Pozyskuje się je m.in. przez destylację z parą wodną, tłoczenie na zimno, hydrodestylację lub ekstrakcję odpowiednio dobranym rozpuszczalnikiem [Rassem i in. 2016].

Skład chemiczny olejków eterycznych jest bogaty i zróżnicowany, co decyduje o ich wielokierunkowej aktywności biologicznej. Zazwyczaj dominującymi składnikami olejków są terpeny o szerokim działaniu terapeutycznym [Bakkali i in. 2008, Abers i in. 2021]. Jedną z charakterystycznych cech olejków jest ich zapach. Z tego też względu mają one zastosowanie w aromaterapii, w produkcji płynów pielęgnacyjnych, kremów, balsamów, mydeł, szamponów i perfum. Bardzo ważną właściwością olejków jest ich działanie przeciwdrobnoustrojowe, dzięki któremu są wykorzystywane w produkcji kosmetyków [Bojarowicz i in. 2018, Pal i Piotrowska 2018].

Celem pracy było przedstawienie charakterystyki wybranych olejków eterycznych stosowanych w kosmetologii i aromaterapii z uwzględnieniem ich właściwości leczniczych, konserwujących i pielęgnacyjnych.

Olejek herbaciany

Olejek herbaciany (*tea tree oil* – TTO) otrzymywany jest na drodze destylacji z parą wodną liści drzewa herbacianego (*Melaleuca alternifolia* – maleluka skrętolistna). Ma on silne właściwości antyseptyczne, a ponadto działa oczyszczająco i odświeżająco. TTO bardzo dobrze rozpuszcza się w tłuszczach, jest sub-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Warzywnictwa i Zielarstwa, ul. Doświadczalna 50A, 20-280 Lublin
✉ ewa.zalewska@up.lublin.pl

stancją lipofilną, co powoduje, że charakteryzuje się dobrą przenikalnością do wewnętrznych warstw skóry, do układu krążenia i układu limfatycznego. Dzięki właściwościom przeciwbakteryjnym i przeciwgrzybiczym olejek powoduje ograniczenie rozwoju grzybów, m.in. *Aspergillus* spp., *Candida albicans* oraz bakterii, szczególnie efektywny jest w stosunku do *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Staphylococcus aureus*. Z tego też powodu stosowany jest jako utrwalacz oraz jest składnikiem preparatów kosmetycznych wykorzystywanych np. do pielęgnacji twarzy i jamy ustnej [Adaszyńska i Swarcewicz 2012, Salvatori i in. 2017]. TTO jest składnikiem preparatów polecanych przy łupieżu, zapaleniu łojotokowym skóry, trądziku, podrażnieniach oraz suchości skóry. Spośród związków chemicznych wchodzących w jego skład za najbardziej aktywne uznano terpinen-4-ol, γ-terpinen, 1,8-cineol, α-terpinen, α-terpineol, p-cymen i α-pinen [Lam i in. 2018, Aldora i in. 2021, Sharmeen i in. 2021].

Olejek goździkowy

Olejek goździkowy (*Caryophyllorum oleum*) jest pozyskiwany z pąków kwiatowych różnych gatunków goździkowca (*Eugenia* spp.) metodą destylacji z parą wodną. Ma przyjemny zapach, zazwyczaj określany jako słodki, korzenny z balsamiczno-owocową nutą. Do głównych składników olejku należą: eugenol (75–95%), β-kariofilen (1–7%), α-humulen (1–2%) i alkohol benzylowy (1%) [Srivastava i in. 2005, Yusuf i in. 2020]. Olejek charakteryzuje się silnym działaniem aseptycznym, dezynfekującym i rozkurczowym. Wykorzystywany jest w wielu kosmetykach, szczególnie do płukania jamy ustnej, przy przeziębieniu i problemach trawiennych [Góra i Lis 2019]. Olejek goździkowy ogranicza lub całkowicie hamuje rozwój wielu mikroorganizmów chorobotwórczych, m.in. bakterii *E. coli*, *Mycobacterium phlei*, *Bacillus subtilis*, oraz grzybów, tj. *Aspergillus niger* i *Penicillum chrysogenum*. Ma również silne właściwości antyoksydacyjne [Yusuf i in. 2020]. Ponadto olejek może być pozyskiwany także z gałązek i liści goździkowców. Na skład takiego olejku ma wpływ stopień dojrzałości liści – w miarę upływu czasu zwiększa się w nich zawartość eugenolu. Olejek z liści jest tańszy od olejku z pączków ze względu na ilość i łatwość pozyskiwania surowca. W jego skład wchodzą eugenol (75–95%), β-kariofilen (1–7%), α-humulen (1-2%) i alkohol benzylowy (1%). Olejek ten jest wykorzystywany głównie do otrzymywania eugenolu – związku używanego do produkcji preparatów stomatologicznych. Ponadto oba olejki stosowane są w przemyśle spożywczym jako przyprawy oraz perfumeryjnym jako składniki perfum i wód toaletowych [Färber i Mayer 2016, Góra i Lis 2019].

Olejek cytrynowy

Olejek cytrynowy pozyskiwany jest z owocni cytryny zwyczajnej (*Citrus limon* (L.) Burm.) zarówno poprzez tłoczenie na zimno, jak i w wyniku destylacji z parą wodną. Ostatnią metodą, ze względu na znacznie lepszą jakość, jest pozyskiwany olejek handlowy. Głównymi składnikami olejku są limonen (50–80%), β-pinen (5–20%), γ-terpinen (5–10%), α-pinen (1–2%) i sabinen (1–3%). Składnikami nadającymi mu charakterystyczny zapach jest neral (0,5–1,5%) i geranial (1–2%), które określane są wspólną nazwą cytral oraz aldehydy alifatyczne [Góra i Lis 2019, Sharmeen i in. 2021]. Olejek tłoczony z owocni cytryny zwyczajnej jest wykorzystywany w przemyśle spożywczym, kosmetycznym, a szczególnie perfumeryjnym. Olejek cytrynowy o dużej zawartości cytralu, tj. od 40% do 60% wchodzi w skład perfum oraz męskich wód toaletowych w połączeniu z olejkiem bergamotowym, pomarańczowym, neroli i *petitgrain*. Olejek cytrynowy jest stosowany jako środek tonizujący, uspokajający, poprawiający koncentrację, łagodzący napięcie nerwowe, a także jako środek obniżający ciśnienie tętnicze krwi. Znane są również właściwości przeciwzapalne olejku, używany jest bowiem przy różnych stanach zapalnych skóry m.in. przy egzemie i opryszczce [Klimek-Szczykutowicz i in. 2017]. Z uwagi na właściwości fotouczulające nie należy go stosować bezpośrednio na skórę przy ekspozycji na słońce [Sharmeen i in. 2021]. Ponadto olejek cytrynowy wykazuje właściwości przeciwdrobnoustrojowe, szczególnie przeciwbakteryjne, i dlatego może być używany jako konserwant. W badaniach Fishera i Phillipsa [2006] linalol *in vitro* wykazywał wysoką skuteczność w stosunku do bakterii Gram-ujemnych. Natomiast w badaniach Diasa i in. [2019] linalol ograniczał wzrost grzybów drożdżoidalnych, tj. *Candida tropicalis, C. albicans* i *C. krusei*, powodujących zapalenie jamy ustnej.

Olejek bergamotowy

Bergamotowy olejek eteryczny (BEO) otrzymywany jest z owocni pomarańczy bergamoty *Citrus aurantium* (L.) spp. *bergamia* Risso et Point., odznacza się świeżym, słodkim i intensywnym zapachem o ostrej nucie przypominającej zapach cytrynowy, który wraz z upływem czasu zmienia się w kwiatowo-balsamiczny [EMA 2021a]. W BEO zawartość limonenu wynosi od 25% do 50% i jest niższa od ilości tego związku w innych olejkach cytrusowych, zawartość linalolu wynosi do 20%, a octanu linalilu od 15% do 40%. W skład BEO wchodzą również kumaryny, np. psolaren, bergamotyna, cytropten i bergapten.

Kumaryny są związkami fototoksycznymi, dlatego też stężenie olejku w kosmetykach nie powinno być wyższe niż 2%. BEO jest niezwykle cennym olejkiem wykorzystywanym w przemyśle perfumeryjnym, jest składnikiem perfum, wód aromatycznych, wód kolońskich typu *fougère* i *chypre*. Znane jest również zastosowanie BEO w przemyśle spożywczym jako składnik do aromatyzowania herbat i wyrobów tytoniowych. BEO jest wykorzystywany w aromaterapii, a ze względu na działanie przeciwzapalne i przeciwdrobnoustrojowe w leczeniu stanów zapalnych skóry, wrzodów, czyraków, trądziku, łuszczycy i łojotoku. Pomaga również w leczeniu depresji [EMA 2021a]. Ponadto wykorzystywany jest jako składnik do konserwacji żywności i kosmetyków [Fisher i Phillips 2006, Kunicka-Styczyńska i in. 2009].

Olejki otrzymywane z pomarańczy gorzkiej

Z pomarańczy gorzkiej (*Citrus aurantium* (L.) ssp. *amara* Engler) otrzymuje się trzy rodzaje olejków, przy czym różnią się one zapachem, działaniem oraz składem chemicznym. Wyróżniamy olejek z owocni, z kwiatów (olejek neroli) oraz z liści (olejek *petitgrain*) pomarańczy gorzkiej.

Olejek pomarańczy gorzkiej pozyskiwany jest na zimno metodą tłoczenia i charakteryzuje się przyjemnym, intensywnym, gorzkim cytrusowym zapachem, z delikatną nutą kwiatową. Składnikami olejku są przede wszystkim węglowodory monoterpenowe (96–97%), wśród których dominuje limonen. Olejek wykorzystywany jest głównie w przemyśle perfumeryjnym do produkcji wody po goleniu i wody kolońskiej. Szerokie zastosowanie w aromaterapii wynika z jego działania pobudzającego, odświeżającego i łagodzącego. Ponadto pobudza pozytywne myślenie i jest stosowany pomocniczo w leczeniu depresji, bezsenności, stanów lękowych oraz w łagodzeniu napięcia mięśniowego. Uelastycznia ściany naczyń włosowatych, a w formie rozcieńczonej stosowany jest w leczeniu trądziku, wyprysków oraz w miejscowym leczeniu infekcji grzybiczych skóry [Färber i Mayer 2016, Wróblewska-Łuczka 2019].

Olejek neroli otrzymuje się poprzez hydrodestylację świeżych kwiatów. Charakteryzuje się oryginalnym, słodkim, kwiatowym zapachem. Głównymi składnikami są linalol, β-pinen, α-terpineol, limonen, sabinen, nerol, nerolidol, octan linalilu i α-pinen [Sharmeen i in. 2021]. W przemyśle perfumeryjnym jest wykorzystywany do produkcji ekskluzywnych perfum, natomiast do produkcji tańszych wód toaletowych i kolońskich używa się syntetycznej bazy neroli. Olejek neroli działa uspokajająco, łagodzi stany depresyjne i lękowe. W aromaterapii uważany jest za jeden z najskuteczniejszych środków pomocniczych w leczeniu

depresji, nerwic, stanów lękowych, stresu i rozdrażnienia. W kosmetologii stosowany jest jako dodatek do kąpieli, ponieważ opóźnia procesy starzenia się skóry, działa przeciwzmarszczkowo, uszczelnia włosowate naczynia krwionośne. Ponadto zaleca się stosowanie go do pielęgnacji skóry wrażliwej i skłonnej do podrażnień oraz do leczenia blizn i rozstępów. Stosowany jest także jako dodatek do kąpieli i masażu relaksacyjnego [Färber i Mayer 2016, Góra i Lis 2019].

Olejek *petitgrain* otrzymywany jest metodą destylacji z parą wodną (typ paragwajski) lub przegrzaną parą wodną (typ *bigarade*). Głównymi składnikami olejku jest octan linalilu i linalol. Olejek *petitgrain bigarade* o charakterystycznym kwiatowo-drzewnym, słodkim zapachu z ostrą, gorzką nutą, produkowany w krajach śródziemnomorskich, jest wykorzystywany w przemyśle perfumeryjnym. Powszechnie jest używany w aromaterapii jako środek uspokajający, odświeżający i odkażający. Stosowany jest do produkcji wód toaletowych, wód kolońskich, mydeł i odświeżaczy powietrza. W kosmetologii z powodzeniem jest zalecany w leczeniu wyprysków oraz trądziku [Sikora 2010, Draelos 2011, Góra i Lis 2019].

Olejek lawendowy

Olejek lawendowy otrzymywany jest z lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia* Mill.) poprzez destylację kwiatów z parą wodną [Misharina i in. 2009, Koriem 2021, EMA 2021b]. Olejek ten o charakterystycznym ziołowo-kwiatowym zapachu jest najbardziej ceniony, natomiast olejki pozyskiwane z innych gatunków rodzaju *Lavandula* mają inny skład chemiczny i działanie. W aromaterapii zaleca się stosowanie tylko i wyłącznie czystego, naturalnego olejku lawendowego, którego głównymi składnikami są linalol (20–40%) i octan linalilu (15–45%) [Michalski i Zielińska 2015, Färber i Mayer 2016, Aprotosoaie i in. 2017]. W aromaterapii stosowany jest w kąpielach pielęgnacyjnych oraz rozluźniających, przyspiesza gojenie się skóry [Färber i Mayer 2016]. Ze względu na silne właściwości aseptyczne stosowany jest w leczeniu wszystkich rodzajów trądziku, łupieżu i grzybic. W kosmetologii oraz przemyśle perfumeryjnym używany jest do produkcji kremów, mydeł, płynów, soli do kąpieli i dezodorantów. Olejek lawendowy występuje w większości męskich kosmetyków, jest składnikiem wód toaletowych, kolońskich, płynów po goleniu [Michalski i Zielińska 2015, Färber i Mayer 2016].

Olejek różany

Współcześnie olejek różany jest jednym z najdroższych olejków wykorzystywanych w kosmetologii oraz w przemyśle perfumeryjnym. Jego wyjątkowość jest związana z bardzo małą zawartością w płatkach kwiatów [Zdrojewicz i in. 2014, Góra i Lis 2019]. Otrzymuje się go poprzez destylację z parą wodną. W zależności od regionu świata wykorzystywane są w tym celu różne gatunki, np. róża damasceńska (*Rosa damascena*), róża karbowana (*Rosa rugosa*), a w Polsce róża stulistna (*Rosa centifolia*) i dzika róża (*Rosa canina*) [Kalemba-Dróżdż i Cierniak 2013, Sharmeen i in. 2021]. Obecnie na skalę przemysłową olejek otrzymywany jest z róży damasceńskiej, uprawianej głównie w Bułgarii, Afganistanie i Turcji [Färber i Mayer 2016]. Olejek ten jest półstałą substancją o żółtawozielonej lub żółtej barwie i kwiatowym, przyjemnym zapachu. Jego skład chemiczny jest bardzo złożony bowiem występuje w nim ok. 400 związków, przy czym cytronellol, geraniol, nerol i linalol są głównymi składnikami [EMA 2021c, Sharmeen i in. 2021].

Olejek różany działa przeciwdepresyjnie, antyoksydacyjnie, tonizująco, silnie przeciwbakteryjnie i przeciwwirusowo. W aromaterapii wykorzystuje się go w leczeniu bezsenności, nerwic, stanów lękowych [Zdrojewicz i in. 2014]. W badaniach Bastani i in. [2020] wykazano, iż aromaterapia różą damasceńską zmniejsza uczucie lęku pooperacyjnego u osób starszych. Prawdopodobnie cząsteczki aromatu oddziałują silnie na układ nerwowy, powodując uwalnianie neuroprzekaźników (endorfiny, encefaliny), zmniejszają lęk i działają przeciwbólowo. W kosmetologii stosowany jest w leczeniu trudno gojących się ran i blizn, w stanach zapalnych skóry oraz w pielęgnacji skóry suchej, szorstkiej i wrażliwej. Wykazuje także działanie antyoksydacyjne i rozluźniające, dlatego jest stosowany jako dodatek do odprężających kąpieli i masaży, ponadto wchodzi w skład ekskluzywnych perfum o zapachu kwiatowym. W kosmetologii stosowana jest także woda różana – produkt uboczny destylacji olejku eterycznego, która służy do produkcji toników, szamponów, płynów do kąpieli i mydeł [Kalemba-Dróżdż i Cierniak 2013, Färber i Mayer 2016, Góra i Lis 2019].

Podsumowanie

W ostatnich latach obserwuje się ciągły wzrost zainteresowania wykorzystaniem związków pochodzenia roślinnego w kosmetologii. Olejki eteryczne stanowią ważną, heterogenną grupę lotnych związków chemicznych o przyjemnym zapachu. Związki te wykazują właściwości lecznicze, konserwujące i pielęgna-

cyjne. Posiadają zdolność przenikania przez barierę naskórka oraz mogą być promotorami przenikania do głębszych warstw skóry, a przez to do tkanek docelowych i krwioobiegu wielu innych substancji aktywnych i leków. Przedstawione poszczególne charakterystyki olejków eterycznych w niniejszej pracy wskazują na ich liczne właściwości farmakologiczne oraz na szerokie możliwości wykorzystania w aromaterapii i produkcji kosmetyków.

Bibliografia

Abers M., Schroeder S., Goelz L., Sulser A., Rose T.St., Puchalski K., Langland J., 2021. Antimicrobial activity of the volatile substances from essential oils. BMC Complement. Med. Ther. 21(1), 714. https://doi.org/10.1186/s12906-021-03285-3

Adaszyńska M., Swarcewicz M., 2012. Olejki eteryczne jako substancje aktywne lub konserwanty w kosmetykach. Wiad. Chem. 66(1–2), 139–158.

Aldora K., Ardiana D., Narayana E., 2021. The role of tea tree oil as a skin antimicrobial: A literature study. Med. Health Sci. J. 5(1), 26–33.

Aprotosoaie A.C., Gille E., Trifan A., Luca S.V., Miron A., 2017. Essential oils of *Lavandula* genus: a systematic review of their chemistry. Phytochem. Rev. 16(4), 761–799.

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effect of essentials oils – a review. Food Chem. Toxicol. 46, 446–475.

Bastani F., Kia P.S., Haghani H., 2020. Effect of aromatherapy with damask rose (*Rosa damascena* Mill.) on anxiety in the elderly: open-labeled quasi-experimental placebo-controlled trial. Iran. J. Psychiatry Behav. Sci. 14(4). http://dx.doi.org/10.5812/ijpbs.58064

Bojarowicz H., Fronczak P., Krysiński J., 2018. Czy kosmetyki mogą nie zawierać konserwantów? Hygeia Public Health 53(2), 124–131.

Diasa A.L.B., Sousa W.C., Batista H.R.F., Alves C.C.F., Souchie E.L., Silva F.G., Pereira P.S., Sperandio E.M., Cazal C.M., Forimc M.R., Miranda M.L.D., 2019. Chemical composition and in vitro inhibitory effects of essential oils from fruit peel of three Citrus species and limonene on mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum.* Braz. J. Biol. 80(2), 460–464. https://doi.org/10.1590/1519-6984.216848

Draelos Z.D. (red.), 2011. Kosmeceutyki, tł. L. Kulczycka-Siennicka, red. wyd. pol. A. Ignaciuk, Wrocław.

European Medicine Agency (EMA), 2021a. Assessment report on *Citrus bergamia* Risso et Poiteau, aetheroleum, https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-citrus-bergamia-risso-et-poiteau-aetheroleum_en.pdf [dostęp: 29.06.2021].

EMA, 2021b. *Lavandulae aetheroleum*, https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/lavandulae-aetheroleum [dostęp: 23.06.2021].

EMA, 2021c. Assessment report on *Rosa gallica* L., *Rosa centifolia* L., *Rosa damascena* Mill., flos, https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final-assessment-report-rosa-gallica-l-rosa-centifolia-l-rosa-damascena-mill-flos_en.pdf [dostęp: 29.06.2021].

Färber S., Mayer A., 2016. Olejki aromatyczne – w domowej apteczce. Wyd. Purana, 24–25.

Fisher K., Phillips C.A., 2006. The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. J. Appl. Microbiol. 101(6), 1232–1240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03035.x

Góra J., Lis A., 2019. Najcenniejsze olejki eteryczne. Cz. 1. Wyd. Politechniki Łódzkiej.

Kalemba-Dróżdż M., Cierniak A., 2013. Wpływ róż na zdrowie – farmakologiczne i biochemiczne działanie ekstraktów z płatków *Rosa rugosa* i *Rosa damascena*. Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków, 127–138.
Klimek-Szczykutowicz M., Szopa A., Ekiert H., 2017. Cytryna – owoc o cennych właściwościach prozdrowotnych i kosmetycznych. Pol. J. Cosmetol. 20(3), 184–195.
Koriem K.M.M., 2021. *Lavandulae aetheroleum* oil: A review on phytochemical screening, medicinal applications, and pharmacological effects. Biointerface Res. Appl. Chem. 11(3), 9836–9847. https://doi.org/10.33263/BRIAC113.98369847
Kunicka-Styczyńska A., Sikora M., Kalemba D., 2009. Antimicrobial activity of lavender, tea tree and lemon oils in cosmetic preservative systems. J. Appl. Microbiol. 107(6), 1903–1911. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04372.x
Lam N.S.K., Long X.X., Griffin R.C., Chen M.K., Doery J.C.G., 2018. Can the tea tree oil (Australian native plant: *Melaleuca alternifolia* Cheel) be an alternative treatment for human demodicosis on skin?. Parasitology, 1–11. https://doi.org/10.1017/S0031182018000495
Michalski J.A., Zielińska D., 2015. Przegląd olejków eterycznych pozyskiwanych z roślin z rodziny jasnotowatych (Lamiaceae) i ich własności. Pol. J. Cosmetol. 18(1), 16–24.
Misharina T.A., Terenina M.B., Krikunova N.I., 2009. Antioxidant properties of essential oils. Appl. Biochem. Micro. 45(6), 710–716.
Pal J., Piotrowska A., 2018. Możliwości wykorzystania aromaterapii w gabinecie kosmetycznym. Kosmetol. Estet. 6(7), 631–634.
Rassem H.H.A., Nour A.H., Yunus R.M., 2016. Techniques for extraction of essential oil from plants: A review. Aust. J. Basic Appl. Sci. 10(16), 117–127.
Salvatori C., Barchi L., Guzzo F., Gargari M., 2017. A comparative study of antibacterial and anti-inflammatory effects of mouthrinse containing tea tree oil. Oral Implantol. 10(1), 59–70. https://doi.org/10.11138/orl/2017.10.1.059
Sharmeen J.B., Mahomoodally F.M., Zengin G., Maggi F., 2021. Essential oils as natural sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals. Molecules 26(3), 666. https://dx.doi.org/10.3390%2Fmolecules26030666
Sikora M., 2010. Substancje w preparatach do cery trądzikowej. Kosmet. Kosmetol., 83–91.
Srivastava A.K., Srivastava S.K., Syamsundar K.V., 2005. Bud, and leaf essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from India and Madagascar. Flavour Fragr. J. 20, 51–53. http://dx.doi.org/10.14419/ijbas.v3i3.2473
Wróblewska–Łuczka P., 2019. Prozdrowotne działanie olejków eterycznych cytrusów. Med. Środ. 22(3–4), 39–43.
Yusuf B.O., Ajao A.T., Saliu B.K., 2020. Antibacterial activity of essential oil of *Syzygium cumini* leaf against pathogenic and spoilage bacteria isolated from cheese. Algerian J. Nat. Prod. 8(1), 7–58-766.
Zdrojewicz Z., Minczakowska K., Klepacki K., 2014. Rola aromaterapii w medycynie. Fam. Med. Prim. Care Rev. 4, 387–391.

Streszczenie. Olejki eteryczne są heterogenną grupą zazwyczaj lotnych związków chemicznych, w których skład może wchodzić wiele substancji o przyjemnym zapachu. Bogaty i zróżnicowany chemicznie skład decyduje o wielokierunkowej aktywności biologicznej. Właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze olejków eterycznych są potwierdzane przez liczne badania, a szczególnie te dotyczące oddziaływania olejków na wzrost i rozwój kolonii bakterii i grzybów chorobotwórczych dla człowieka. Aktywność przeciwdrobnoustrojowa wielu olejków eterycznych często przewyższa działanie sztucznych konserwantów. Spośród olejków pozyskiwanych z roślin cytrusowych za najcenniejsze uznawany jest pomarańczowy, cytrynowy i bergamotowy. Olejki charakteryzują się bardzo silnym działaniem pobudzającym i odświeżającym, dzięki czemu są

wykorzystywane w aromaterapii, przy poczuciu apatii, rozbicia i braku motywacji do działania. Jak wykazano jednym z najcenniejszych olejków eterycznych stosowanych w kosmetologii, w przemyśle perfumeryjnym oraz jako środek konserwujący jest olejek z drzewa herbacianego.

Słowa kluczowe: biokosmetologia, olejki cytrusowe, olejek lawendowy, olejek różany, olejek goździkowy, olejek z drzewa herbacianego

Aromaterapia olejkiem lawendowym

Mirosława Chwil[1]✉

Aromaterapię znano już w starożytności. Kuracje zapachowe olejków eterycznych stosowano w obrzędach religijnych, a właściwości lecznicze wykorzystywano w celach terapeutycznych. Najstarszym źródłem tej wiedzy są: Biblia, Księgi Wedy i egipskie papirusy. W starożytnym Egipcie prozdrowotną aktywność olejków eterycznych wykorzystano w aromatycznych mieszankach ziołowych sporządzonych m.in. z mirtu, tymianku i rumianku oraz żywic olibanum i mirry [Marwicka i in. 2015].

Pojęcie aromaterapii pochodzi z języka greckiego od dwóch słów: *aromata* oznaczającego wonne korzenie lub zioła oraz *therapeia* – leczenie lub opieka, czyli w dosłownym tłumaczeniu znaczy leczenie zapachem [Fradelos i Komini 2015, Marwicka i in. 2015, Urtnowska-Joppek 2018]. W aromaterapii wykorzystano biologicznie aktywne związki chemiczne olejków eterycznych w celu poprawy samopoczucia fizycznego, psychicznego i emocjonalnego w uzupełniającej terapii zdrowotnej [Gnatta i in. 2016]. Aktywne związki wnikają do organizmu przez drogi oddechowe podczas inhalacji lub przez skórę w trakcie masażu.

Liczne aromaterapeutyki mają szeroki zakres aplikacji, mogą być stosowane w różnych zabiegach w celach terapeutycznych i kosmetycznych. W czynnościach tych ważny jest prawidłowy dobór środka aromaterapeutycznego do schorzenia oraz zachowanie środków ostrożności i zasad bezpieczeństwa [Michalak 2018]. W aromaterapii stosowane są wysokiej jakość olejki eteryczne, m.in.: lawendowy, rozmarynowy, różany, eukaliptusowy, cytrynowy, sandałowy i melisowy.

Celem pracy było określenie skuteczności aromaterapii olejkiem lawendowym w wybranych jednostkach chorobowych potwierdzonej badaniami klinicznymi na podstawie doniesień naukowych z latach 2015–2021. Oryginalne publikacje naukowe wyszukiwano za pośrednictwem baz danych Google Scholar i PubMed.

---

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ e-mail: miroslawa.chwil@up.lublin.pl

Biologicznie aktywne związki olejku eterycznego roślin z rodzaju *Lawendula*

Rodzaj *Lavandula* obejmuje około 39 gatunków [Upson i Andrews 2004, Bousta i Farah 2020]. Trzy z nich należą do olejkodajnych: lawenda wąskolistna (*Lavandula angustifolia* Mill.), lawenda szerokolistna (*Lavandula latifolia* Vill.) i hybryda dwóch wymienionych – lawandyna (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loiseleur) [Bajalan i Pirbalouti 2015, Carrasco i in. 2016, Kıvrak 2018, Tardugno i in. 2019, Gallotte i in. 2020]. Z pierwszego gatunku pozyskuje się olejek lawendowy (INCI: *Lavandula angustifolia oil*), z drugiego olejek spikowy (INCI: *Lavandula latifolia oil*) i z trzeciego olejek lawandynowy (INCI: *Lavandula hybryda oil*) [Carrasco i in. 2016a, 2016b, Bejar 2020].

Wśród 300 składników bułgarskiego olejku lawendowego pozyskanego z 6 odmian *Lavandula angustifolia* 'Drużba', 'Hebal', 'Raya', 'Sewelopolis', 'Hemus' i 'Jubilejna' dominował: linalol (19,1–31,8%), octan linalolu (35,6–43,8%), (Z)-β-Ocymen (3,1–9,0%), (E)-β-ocymen (0,9–4,5%), β-kariofilen (2,5–5,7%), oktan-3-on (0,1–2,6%), β-felandren (0,2–2,2%), terpinen-4-on (0,2–6,8%), α-terpineol (0,7–0,9%), octan lawandulilu (0,1–4,7%), (z)-β-farnezen (0,5–5,2%) [Góra i Lis 2019].

W hiszpańskim olejku lawendowym dominował: linalol (37–54%), octan linalilu (21–36%) i (E)-β-kariofilen (1–3%), w pozyskanym z *L. latifolia*: linalol (35–51%), eukaliptol (26–32%), kamfora (10–18%), α-pinen (1–2%), α-terpineol (1–2%) i α-bisabolen (1–2%), natomiast z *Lavandula × intermedia*: linalol (34–47%), octan linalilu (17–34%), kamfora (4–9%) i eukaliptol (3–7%) [Carrasco 2016a, 2016b]. Bejar [2020], analizując koncentrację składników w olejkach lawendowym, spikowym i lawandynowym, stwierdził, że wśród nich procentowo największy udział miały: linalol (odpowiednio: 20–4%, 34–50%, 24–38%), 1,8–cineol (0–10%, 18–39%, 4–11%), kamfora (0–1,5%, 8–16%, 6–11%), limonen (0–1%, 0,5–3%, 0,5–1,5%), octan lawandulilu (0–8%, nie określono, 1–3%), α-terpinen-4-ol (0–8%, nie określono, 0,3–5%).

Świeży i kwiatowy zapach nadają olejkom linalol i octan linolilu, a różanoziołowa nuta zależy od koncentracji lawandulolu i jego octanu. O jakości olejków świadczy proporcja octanu linalolu i linalolu, która jest korzystna, jeśli wynosi powyżej 1. Z kolei stosunek sumy octanu linalolu i linalolu do triterpen-4-olu powinien mieścić się w przedziale 13–100. Negatywnie na zapach olejku wpływa wysoka zawartość cymenu, cyneolu, kamfory i terpinen-4-olu [Góra i Lis 2019].

Aromaterapia olejkiem lawendowym

Aromaterapia jako niekonwencjonalna metoda może być stosowana w warunkach szpitalnych, ambulatoryjnych, opiece paliatywnej, hospicjum i onkologii. Tę wspomagającą terapię wykorzystano w różnych stanach pacjentów: złego samopoczucia, lęku, bólu, bezsenności, stresu, depresji i demencji [Buckle i in. 2016, Farrar i Farrar 2020]. Wytyczne terapii multimodalnych obejmują obok farmakologicznych metod także niefarmakologiczne terapie dostosowane do indywidualnych objawów pacjenta [Häuser i in. 2015, Arnold i Clauw 2017, Testa i in. 2018] (tab. 1 i 2).

Jedną ze stosowanych niekonwencjonalnych metod jest aromaterapia olejkiem lawendowym. W badaniach klinicznych skuteczność tej techniki potwierdzono m.in. w uśmieżeniu bólu u pacjentek w połogu [Metawie i in. 2015, Haniyah i Setyawati 2018, Nugraha i Majalengka 2018, Pakseresht i in. 2020, Rahmawati i Yuniarti 2020]. Obecnie liczba urodzeń dzieci przez cesarskie cięcie znacznie wzrosła. Po zabiegu tym większość matek odczuwa ból. Dowiedziono, że zastosowana aromaterapia olejkiem lawendowym poprawiała ich samopoczucie i nastrój w wyniku obniżenia poziomu odczuwania bólu [Metawie i in. 2015, Haniyah i Setyawati 2018, Nugraha i Majalengka 2018, Pakseresht i in. 2020, Rahmawati i Yuniarti 2020]. Rozluźniające działanie na układ pracy mięśni przypisano głównie octanowi linalolu [Vaziri i in. 2017, Rahmawati i Yuniarti 2020]. Skuteczność tego olejku zastosowanego do masażu u pacjentek podczas porodu była podobna [Lamadah i Nomani 2016, Manaf i in. 2020]. Technika ta łagodziła także bóle menstruacyjne [Bakhtshirin i in. 2015]. Inni badacze udokumentowali, że wdychanie olejku lawendowego przez dzieci zmniejszało ich ból i negatywne bodźce poszczepienne [Vaziri 2019]. Arslan i in. [2020] sugerują aromaterapię lawendową jako wspomagającą w stomatologii dziecięcej, ponieważ łagodzi niepokój i lęk przed zabiegami dentystycznymi.

Uszkodzenie tkanek i pobudzenie ośrodkowego układu nerwowego jest głównym powodem bólu pooperacyjnego u pacjentów [Ghadirian i in. 2020]. Stwierdzono, że aromaterapia lawendowa u tych osób wpływała relaksująco i obniżała poziom odczuwania bólu [Surya i in. 2020]. Podobny skuteczny efekt stwierdzono u pacjentów po zabiegu wycięcia wyrostka robaczkowego. Metodę tę określono jako wspomagającą i przeciwbólową terapię [Ghadirian i in. 2020].

Bóle neuropatycze wiążą się z chorobami nowotworowymi oraz kręgosłupa, chemioterapią i cukrzycą. Pojawiają się także w wyniku stosowania leków uszkadzających włókna nerwowe: cisplatyny, cytarabiny, docetakselu, doksorubicyny, oksaliplatyny, paklitaksely i winkrystyny [Banach i in. 2015, Carozzi i in. 2015, Nesteruk i in. 2015, Colloca i in. 2017, Przeklasa-Muszyńska i in.

2017, Starobova i Vetter 2017, Izgu i in. 2019]. Dowiedziono, że masaż olejkiem lawendowym zmniejszał ból i zmęczenie u pacjentów z neuropatią cukrzycową [Rivaz i in. 2021]. Badania kliniczne potwierdziły, że aromaterapia lawendowa u pacjentów podczas chemioterapii ogranicza niepokój i lęk oraz poprawia jakość snu [Özkaraman i in. 2018, Kiefer 2019]. Także u pacjentek oczekujących na operację piersi inhalacja lawendowa obniżała poziom lęku [Beylikliogłu i Arslan 2019].

Tabela 1. Aromaterapia olejkiem lawendowym w postaci inhalacji stosowana w wybranym stanie pacjenta

Stan pacjenta	Liczba pacjentów	Liczba kropli olejku	Czas stosowania (min.)	Częstotliwość stosowania	Źródło
Cięcie cesarskie	22	3	15-30	1 raz przed zabiegiem, 1 raz po zabiegu	Haniyah i Setyawati 2018
	15	nie określono	10	1 raz po zabiegu	Nugraha i Majalengka 2018
	110	5	3	4, 8 i 12 h po zabiegu	Pakseresht i in. 2020
	25	nie określono	5	1 raz przed zabiegiem	Rahmawati i Yuniarti 2020
Chemioterapia	90	3	5	1 raz dziennie przez miesiąc	Özkaraman i in. 2018
Ból poszczepienny	25	5	1	jednorazowo	Vaziri i in. 2019
Stan przed operacją piersi	80	3	20	24 h przed zabiegiem	Beylikliogłu i Arslan 2019
Ekstrakcja zęba	126	2	3	przed zabiegiem	Arslan i in. 2020
Wyrostek robaczkowy	120	3	3	2 razy – 6 i 12 h po zabiegu	Ghadirian i in. 2020
Stan pooperacyjny	30	5	20	1 raz dziennie przez 3 dni	Surya i in. 2020
Fibromialgia	42	3	10	1 raz dziennie przed snem	Yasa i Bashan 2021

Tabela 2. Aromaterapia olejkiem lawendowym w postaci masażu stosowanego w wybranym stanie pacjenta

Stan pacjenta	Liczba pacjentów	Liczba kropli lub stężenie olejku	Czas stosowania (min.)	Częstotliwość stosowania	Źródło
Bóle menstruacyjne	80	2 krople	15	1 raz na początku menstruacji przez dwa cykle	Bakhtshirin i in. 2015
Poród	60	2 krople	20	2 razy w trakcie porodu	Lamadah i Nomani 2016
Miogenne zaburzenie skroniowo-żuchwowe	90	3%	1–20	2 razy w tygodniu przez 2 miesiące	Benli i in. 2020
Neuropatia cukrzycowa	75	3%	10	1 raz przed snem codziennie przez miesiąc	Rivaz i in. 2021

Fibromialgia charakteryzuje się przewlekłym i rozległym bólem, problemami ze snem i nastrojem, wyczerpaniem fizycznym i trudnościami poznawczymi [Choy 2015, Häuser i in. 2015, Arnold i Clauw 2017, Häuser i Fitzcharles 2018, Testa i in. 2018]. Zdiagnozowane objawy tego schorzenia dotyczą 2–4% całej populacji. Stosowana wziewnie lub miejscowo aromaterapia olejkiem lawendowym przez 4 tygodnie o stężeniu linalolu 29,3% i octanu linalilu 27,7% znacząco poprawiała samopoczucie pacjentów z fibromialgią [Yasa i Bashan 2021].

Miogenne zaburzenia czynnościowe stawu skroniowo-żuchwowego są wynikiem nieprawidłowej pracy mięśni, przy czym występuje ból i trudności odwiedzenia żuchwy [Pedro Herráez i in. 2016, Wright i Klasser 2019]. U pacjentów z tym schorzeniem zastosowany masaż olejkiem lawendowym był skuteczny w leczeniu bólu [Benli i in. 2020].

W badaniach klinicznych wykazano, że po aplikacji olejku lawendowego w postaci inhalacji lub masażu nie stwierdzono ubocznych skutków w omawianych jednostkach chorobowych. Natomiast wpływała ona korzystnie na samopoczucie pacjentów.

Podsumowanie

Obecnie coraz większą popularność zyskuje trend poszukiwania nowych naturalnych, bezpiecznych i skutecznych biologicznie aktywnych związków chemicznych do zastosowania w produktach farmaceutycznych, kosmetycznych i spożywczych. Jednym z nich są olejki eteryczne m.in. olejek lawendowy. Dominują w nim: linalol, octan linalilu, octan lawandulilu, (E)-β-kariofilen, 1,8-cineol, kamfora, limonen i α-terpinen-4-ol. Olejek wykazuje aktywność antyseptyczną, rozkurczową i relaksującą. Jest stosowany w różnych kompozycjach ziołowych oraz w aromaterapii – dziedzinie medycyny alternatywnej. Liczne eksperymenty dokumentują skuteczności tej metody. Olejek lawendowy m.in. uśmierza bóle pooprecyjne i neuropatyczne, poprawia stan fizyczny i nastrój pacjentek podczas porodu i po cięciu cesarskim, obniża lęk przed zabiegami dentystycznymi wśród dzieci, łagodzi depresję u pacjentów hemodializowanych, poprawia samopoczucie i jakość snu u osób podczas terapii przeciwnowotworowej.

Bibliografia

Arnold L.M., Clauw D.J., 2017. Challenges of implementing fibromyalgia treatment guidelines in current clinical practice. Postgrad. Med. 129(7), 709–714. https://doi.org/10.1080/00325481.2017.1336417

Arslan I., Aydinoglu S., Karan N.B., 2020. Can lavender oil inhalation help to overcome dental anxiety and pain in children? A randomized clinical trial. Eur. J. Pediatr. 179(6), 985–992. https://doi.org/10.1007/s00431-020-03595-7

Bajalan I., Pirbalouti A.G., 2015. Variation in chemical composition of essential oil of populations of *Lavandula* × *intermedia* collected from Western Iran. Ind. Crops Prod. 69, 344–347. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.049

Bakhtshirin F., Abedi S., YusefiZoj P., Razmjooee D., 2015. The effect of aromatherapy massage with lavender oil on severity of primary dysmenorrhea in Arsanjan students. Iran J. Nurs. Midwifery Res. 20(1), 156–160.

Banach M., Zygulska A., Krzemieniecki K., 2015. Neuropatia obwodowa w przebiegu chemioterapii na bazie oksaliplatyny u chorych na raka jelita grubego i odbytnicy. Doniesienie wstępne. Fam. Med. Prim. Care Rev. 17(4), 262–266.

Bejar E., 2020. Adulteration of english lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil. Bot. Adult. Prev. Bull., 1–11. ABC AHP NCNPR Botanical Adulterants Prevention Program, www.botanicaladulterants.org [dostęp: 01.07.2021].

Benli M., Olson J., Huck O., Özcan M., 2020. A novel treatment modality for myogenous temporomandibular disorders using aromatherapy massage with lavender oil: a randomized controlled clinical trial. Cranio 1–11. https://doi.org/10.1080/08869634.2020.1819067

Beylikliogłu A., Arslan S., 2019. Effect of lavender oil on the anxiety of patients before breast surgery. J. Perianesth. Nurs. 34(3), 587–593. https://doi.org/10.1016/j.jopan.2018.10.002

Bousta D., Farah A., 2020. A phytopharmacological review of a Mediterranean plant*: Lavandula stoechas* L. Clin. Phytosci. 6(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s40816-019-0142-y

Buckle J., Kim M.J., Han S.H., Cho M.H., Hur J., Kim K., 2016. Clinical aromatherapy. Churchill Livingstone, London, UK.

Carozzi V.A., Canta A., Chiorazzi A., 2015. Chemotherapy-induced peripheral neuropathy: what do we know about mechanisms?. Neurosci. Lett. 596, 90–107. http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2014.10.014 0304-3940

Carrasco A., Martinez-Gutierrez R., Tomas V., Tudela J., 2016a. Lavandin *(Lavandula × intermedia* Emeric ex Loiseleur) essential oil from Spain: determination of aromatic profile by gas chromatography–mass spectrometry, antioxidant and lipoxygenase inhibitory bioactivities. Nat. Prod. Res. 30(10), 1123–1130. https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1043632

Carrasco A., Martinez-Gutierrez R., Tomas V., Tudela J., 2016b. *Lavandula angustifolia* and *Lavandula latifolia* essential oils from Spain: aromatic profile and bioactivities. Planta Med. 82(01/02), 163–170. https://doi.org/10.1055/s-0035-1558095

Choy E.H., 2015. The role of sleep in pain and fibromyalgia. Nat. Rev. Rheumat. 11(9), 513–520. https://doi.org/10.1177/1359105317751615

Colloca L., Ludman T., Bouhassira D., Baron R., Dickenson A.H., Yarnitsky D., Raja S.N., 2017. Neuropathic pain. Nat. Rev. Dis. Primers. 3(1), 1–19. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.2

Farrar A.J., Farrar F.C, 2020. Clinical aromatherapy. Nur. Clin. North Am. 55(4), 489–504. https://doi.org/10.1016/j.cnur.2020.06.015

Fradelos E., Komini A., 2015. The use of essential oils as a complementary treatment for anxiety. Am. J. Nurs. Sci. 4(2), 1–5. https://doi.org/10.11648/j.ajns.s.2015040201.11

Gallotte P., Fremondière G., Gallois P., Bernier J.P.B., Buchwalder A., Walton A., Fopa-Fomeju B., 2020. *Lavandula angustifolia* Mill. and *Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel: Lavender and Lavandin. W: J. Novak, W.D. Blüthner (red.) Medicinal, aromatic and stimulant plants. Springer, Cham.

Ghadirian F., Karami K., Shirzadegan R., Raiesifar Z., Tahery N., Almasian M., 2020. Effects of french lavender aromatherapy on the level of pain and the amount of medications prescribed to reduce post-appendectomy pain: a single-blind randomized clinical trial. J. Arch. Mil. Med. 8(3), e109092. https://doi.org/10.5812/jamm.109092

Gnatta J.R., Kurebayashi L.F.S., Turrini R.N.T., Silva M.J.P.D., 2016. Aromatherapy and nursing: historical and theoretical conception. Rev. Esc. Enferm. USP, 50(1), 127–133. http://dx.doi.org/10.1590/S0080-623420160000100017

Góra J., Lis A., 2019. Najcenniejsze olejki eteryczne. Cz. 1, Wyd. IV. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.

Haniyah S., Setyawati M.B., 2018. The effectiveness of lavender aromatherapy technique on pain reduction of post caesarean section patients in Ajibarang Hospital. J. Keperawatan Soedirman 13(3), 119–124. http://doi.org/10.20884/1.jks.2018.13.3.831

Häuser W., Ablin J., Fitzcharles M.A., Littlejohn G., Luciano J.V., Usui C., Walitt B., 2015. Fibromyalgia. Nat. Rev. Dis. Primers 1(1), 1–16. http://doi.org/10.1038/nrdp.2015.22

Häuser W., Fitzcharles M.A., 2018. Facts and myths pertaining to fibromyalgia. Dialogues Clin. Neurosci. 20(1), 53–62. https://doi.org/10.31887/DCNS.2018.20.1/whauser

Izgu N., Ozdemir L., Basal F.B., 2019. Effect of aromatherapy massage on chemotherapy-induced peripheral neuropathic pain and fatigue in patients receiving oxaliplatin: an open label quasi–randomized controlled pilot study. Cancer Nurs. 42(2), 139–147. http://doi.org/10.1097/NCC.0000000000000577

Kiefer D., 2019. Lavender aromatherapy during chemotherapy. Integr. Med. Alert 22(12), 203–210.

Kıvrak Ş., 2018. Essential oil composition and antioxidant activities of eight cultivars of lavender and lavandin from western Anatolia. Ind. Crops Prod. 117, 88–96. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.089

Lamadah S.M., Nomani I., 2016. The effect of aromatherapy massage using lavender oil on the level of pain and anxiety during labour among primigravida women. Am. J. Nurs. Sci. 5(2), 37–44. https://doi.org/10.11648/j.ajns.20160502.11

Manaf S.A., Yuniwati C., Dewi S., Harahap L.K., 2020. The effect of lavender and rose aromatherapy on the intensity of active phase childbirth pain in the Manyak Payed Community

Health Center, Aceh Tamiang Regency, Indonesia. Maced. J. Medical. Sci. 8(E), 494–497. https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4744
Marwicka J., Niemyska K., Podraza S., 2015. Terapeutyczne właściwości aromaterapii. Kosmetol. Estet. 6(4), 525–31.
Metawie M.A.H., Amasha H.A.R., Abdraboo R.A., Ali S.E., 2015. Effectiveness of aromatherapy with lavender oil in relieving post caesarean incision pain. J. Surg. 3(2–1), 8–13. https://doi.org/10.11648/j.js.s.2015030201.12
Michalak M., 2018. Aromatherapy and methods of applying essential oils. Arch. Physiother. Glob. Res. 22(2), 25–31.
Nesteruk M., Ługiewicz R., Dorobek M., 2015. Neuropatia bólowa u 36-letniego mężczyzny po obustronnej orchidektomii i chemioterapii z powodu raka jąder, z cukrzycą i insulinowym uszkodzeniem nerwów obwodowych. Polski Przeg. Neurol. 11(2), 68–71.
Nugraha Y., Majalengka S.Y., 2018. Effect of lavender aromatherapy on the scale of pain among post caesarean section patients in walet ward of cideres district general hospital. W: H. Cecep, R. Sohel, K. Fitri (red.), Proceeding International Seminar on Rural, Urban and Community Health (ISRUNCH) Innovative Health Care to Improve Public Health in Rural and Urban Areas, Horison Tirta Sanita Hotel, Kuningan, Indonesia, December 20th, 2018. STIKes Kuningan Kadugede Ring Road Street No. 2 Kuningan West Java Indonesia, 52–62.
Özkaraman A., Dügüm Ö., Yılmaz H.Ö., Yeçilbalkan Ö.U., 2018. Aromatherapy: the effect of lavender on anxiety and sleep quality in patients treated with chemotherapy. Clin. J. Oncol. Nurs. 22(2), 203–208. https://doi: 10.1188/18.CJON.203-210
Pakseresht S., Jahandoost H., Bostani Khalesi Z., Kazemnezhad Leilie E., 2020. Effect of lavender aromatherapy on the pain level after cesarean section. Herb. Med. J. 5(1), 11–20. https://doi.org/10.22087/herb%20med%20j.v5i1.730
Pedro Herráez M. de, Mesa-Jiménez J., Fernández de las Peñas C., de la Hoz Aizpurua J.L., 2016. Myogenic temporomandibular disorders: clinical systemic comorbidities in a female population sample. Med. Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal. 21(6), e784. https://doi.org/10.4317/medoral.21249
Przeklasa-Muszyńska A., Kocot-Kępska M., Dobrogowski J., 2017. Neuropatia po chemioterapii leczona tapentadolem – opis przypadku. Med. Paliat. Prakt. 11(1), 36–40.
Rahmawati I., Yuniarti E.V., 2020. The influence of lavender aromatherapy to decrease of pain on patient post-sectio caesarea (sc) operations in hospital islamic sakinah mojokerto. Int. J. Nur. Midwifery Sci. 4(1), 70–74.
Rivaz M., Rahpeima M., Khademian Z., Dabbaghmanesh M.H., 2021. The effects of aromatherapy massage with lavender essential oil on neuropathic pain and quality of life in diabetic patients: a randomized clinical trial. Complement. Ther. Clin. Pract. 44, 101430. https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101430
Starobova H., Vetter I., 2017. Pathophysiology of chemotherapy-induced peripheral neuropathy. Front. Mol. Neurosci. 12, 1–11. https://doi.org/10.3389/fnmol.2017.00174
Surya M., Zuriati Z., Poddar S., 2020. Nursing aromatherapy using lavender with rose essence oil for post-surgery pain management. Enferm. Clin. 30(5), 171–174. https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.02.001
Tardugno R., Serio A., Pellati F., D'Amato S., Chaves López C., Bellardi M.G., Savini V., Paparella A., Benvenuti S., 2019. *Lavandula × intermedia* and *Lavandula angustifolia* essential oils: phytochemical composition and antimicrobial activity against foodborne pathogens. Nat. Product Res. 33(22), 3330–3335. https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1475377
Testa M., Geri T., Pitance L., Lentz P., Gizzi L., Erlenwein J., Petkze J., Falla D., 2018. Alterations in jaw clenching force control in people with myogenic temporomandibular disorders. J. Electromyogr. Kines. 43, 111–117. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.07.007
Upson T., Andrews S., 2004. The genus *Lavandula*. Royal Botanic Gardens, Kew.
Urtnowska-Joppek K., 2018. Aromatherapy-therapy development at the turn of centuries. J. Educ. Health Sport. 8(8), 1065–1077. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1419627

Vaziri F., 2019. The effect of aromatherapy by lavender oil on infant vaccination pain: A double blind randomized controlled trial. J. Car. Sci. 8(1), 17–21. https://doi.org/10.15171/jcs.2019.003
Vaziri F., Shiravani M., Najib F.S., Pourahmad S., Salehi A., Yazdanpanahi Z., 2017. Effect of lavender oil aroma in the early hours of postpartum period on maternal pains, fatigue, and mood: a randomized clinical trial. Int. J. Prev. Med. 8(29), 1–7. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_137_16
Wright E.F., Klasser G.D., 2019. Manual of temporomandibular disorders. John Wiley Sons.
Yasa O.G., Bashan I., 2021. The effect of aromatherapy with Lavender Oil on the health-related quality of life in patients with fibromyalgia. J. Food Qual. 2021, 1–5. https://doi.org/10.1155/2021/9938630

Streszczenie. Aromaterapia jest dziedziną medycyny alternatywnej, wykorzystuje wysokiej jakości olejki eteryczne, m.in. olejek lawendowy. Wśród biologicznie aktywnych związków chemicznych olejku wyekstrahowanego z *Lavandula angustifolia* dominowały: linalol, octan linalilu, octan lawandulilu, (E)-β-kariofilen, 1,8-cineol, kamfora, limonen i α-terpinen-4-ol. Celem pracy było określenie skuteczności wspomagającej aromaterapii olejkiem lawendowym w wybranych jednostkach chorobowych na podstawie przeglądu najnowszej oryginalnej literatury naukowej. Aromaterapia olejkiem lawendowym łagodzi bóle pooperacyjne i neuropatyczne. Poprawia stan fizyczny i nastrój pacjentek podczas porodu i po cesarskim cięciu, w tym przypadku głównie octan linalolu działał rozluźniająco na układ pracy mięśni. W stomatologii dziecięcej metoda ta skutecznie obniża lęk przed zabiegami dentystycznymi wśród dzieci. U pacjentów hemodializowanych łagodzi stany lękowe i depresję. Wpływa korzystnie na samopoczucie i jakość snu u pacjentów podczas terapii przeciwnowotworowej, w której olejek lawendowy wykorzystano ze względu na jego relaksującedziałanie.

Słowa kluczowe: lawenda wąskolistna, fitoterapia, fitozwiązki, masaż, inhalacja

Roślinne komórki macierzyste w kosmetyce

Katarzyna Rubinowska[1]✉, Agata Konarska[1]

Surowce roślinne oraz produkty pochodzenia roślinnego stanowią najpopularniejszą i jednocześnie najważniejszą grupę fitoproduktów wykorzystywanych w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Najefektywniej i najszybciej rozwijającym się spośród wymienionych jest przemysł kosmetyczny, w którym od lat 90. XX w. obserwuje się niemal całkowite przekierowanie na substancje aktywne pochodzenia roślinnego [Pandey i in. 2015]. Specyfika przemysłu kosmetycznego narzuca potrzebę wprowadzania kolejnych innowacji, a produkty cechuje dosyć krótki czas obecności na rynku, co wymusza na producentach konieczność ciągłego szukania nowych rozwiązań biotechnologicznych i prowadzenia badań nad wykorzystaniem dostępnych surowców [Gomes i in. 2020]. Składniki aktywne pochodzenia roślinnego cieszą się obecnie rosnącą popularnością, również z tego względu, że substancje aktywne pozyskiwane z innych źródeł, takich jak tkanki zwierzęce czy uprawy modyfikowane genetycznie, nie są powszechnie akceptowane i dopuszczane do użytku w kosmetykach i zabiegach kosmetologicznych.

Pozyskiwanie obecnie nowych substancji aktywnych z najpopularniejszych gatunków roślin jest ograniczone z kilku powodów. Po pierwsze w tkankach roślinnych znajduje się duża ilość toksycznych lub niepożądanych i trudnych do usunięcia metabolitów wtórnych. Po drugie dany gatunek może cechować się zbyt powolnym lub sezonowym wzrostem, a koncentracja pożądanego składnika może okazać się zmienna i zależna od metody i warunków uprawy. Wreszcie pożądany gatunek może być zaliczony do chronionych, a prawodawstwo może zakazać jego uprawy [Schürch i in. 2008]. Remedium na powyższe trudności okazała się możliwość wykorzystania biotechnologicznych rozwiązań, które znalazły zastosowanie w opracowaniu nowych metod pozyskiwania substancji aktywnych z surowców roślinnych, a także kumulacji metabolitów w tkankach, jednak łączenie biotechnologii i kosmetologii posiada wciąż nierozwinięty potencjał. Rosnące znaczenie biotechnologii obserwowane jest również w bada-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ katarzyna.rubinowska@up.lublin.pl

niach dotyczących bezpieczeństwa kosmetyków. Ponadto inżynieria tkankowa i molekularna stworzyły nowe możliwości badania wpływu substancji na tkanki zwierzęce bez konieczności testowania na żywych organizmach [Kostarelos i Rheins 2002]. Dużą nadzieję daje dynamiczny rozwój hodowli kultur tkankowych *in vitro* i związane z tym nowe aspekty pozyskiwania substancji aktywnych pochodzenia roślinnego, z możliwością wykorzystania ich w przemyśle kosmetycznym.

Komórki macierzyste charakteryzują się specyficznymi właściwościami, takimi jak zdolność do samoodtwarzania się przez nieograniczony czas oraz zdolność różnicowania się w wyspecjalizowane typy komórek. Wśród nich można wyróżnić komórki macierzyste totipotencjalne (mogą stać się każdą komórką organizmu), pluripotencjalne (mogą różnicować się w dowolny typ komórek somatycznych), multipotencjalne (mogą różnicować się w wiele rodzajów komórek) i unipotencjalne (dzieląc się, tworzą jedną komórkę macierzystą i drugą zdolną do różnicowania się w określony typ komórek). Roślinne komórki macierzyste możemy zakwalifikować do totipotencjalnych, z tego względu roślina ma zdolność do wzrostu i wytwarzania nowych organów przez cały okres swojego życia [Pavolović i Radotić 2017, Bielawska i Szymanowska 2018]. Natomiast w skórze ludzkiej znajdują się głównie komórki macierzyste unipotencjalne, których ilość wraz z wiekiem maleje i tym samym zmniejsza się potencjał regeneracyjny skóry. Ograniczenie ilości dermalnych komórek macierzystych, które mogłyby przekształcić się w aktywne fibroblasty produkujące kolagen i elastynę, uznaje się za jedną z przyczyn objawów starzenia się skóry [Prombonas i Grdeń 2016]. Badania naukowe potwierdziły, że na komórki macierzyste zlokalizowane w ludzkiej skórze korzystnie działają substancje znajdujące się w totipotencjalnych roślinnych komórkach macierzystych, co stało się powodem wzrostu zainteresowania możliwościami ich wykorzystania w preparatach kosmetycznych o działaniu przeciwstarzeniowym [Prombonas i Grdeń 2016, Gunia-Krzyżak i in. 2021].

Celem niniejszej pracy było przedstawienie najnowszych osiągnięć biotechnologii, dotyczących wykorzystania ekstraktów roślinnych komórek macierzystych jako cennego źródła substancji aktywnych w recepturach kosmetycznych.

Regulacje prawne i oczekiwania konsumentów dotyczące składników aktywnych zawartych w kosmetykach

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009 za produkt kosmetyczny uważa się każdą substancję lub mieszani-

nę substancji przeznaczoną do kontaktu z zewnętrznymi organami ludzkiego ciała (naskórkiem, włosami, paznokciami, ustami i narządami płciowymi) lub z zębami i błonami śluzowymi jamy ustnej w celu wyłącznie lub głównie ich oczyszczenia, perfumowania, zmiany wyglądu, utrzymania w dobrej kondycji, a także korekty zapachów ciała [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009]. Wymagania stawiane współczesnym kosmetykom są równie wysokie jak w przypadku wyrobów medycznych, ale obejmują oprócz korzystnych efektów ich działania również wrażenia estetyczne i komfort stosowania produktu. Wydane przez Główny Inspektorat Farmaceutyczny akty prawne regulujące prawo farmaceutyczne zabraniają reklamowania produktów kosmetycznych jako posiadających zdolność zapobiegania chorobom czy leczenia ich, reklamowania używania kosmetyków w celu przywrócenia, poprawienia lub modyfikacji fizjologicznych funkcji organizmu poprzez działanie farmakologiczne, immunologiczne lub metaboliczne [Ustawa z dnia 6 września 2001 r. – Prawo farmaceutyczne, Dz.U. z 2021 r., poz. 1977, art. 2 pkt. 32]. Producenci, wychodząc naprzeciw konsumentom, jednocześnie muszą spełniać ściśle określone warunki wprowadzania produktu na rynek. Kosmetyk musi być bezpieczny i funkcjonalny, a o jego popularności i skuteczności w opinii publicznej decyduje najczęściej substancja aktywna w nim zawarta. Wykorzystywana substancja czynna musi być przede wszystkim bezpieczna, ale też innowacyjna i umożliwiająca skuteczny marketing, co wiąże się z wciąż zmieniającymi się trendami na rynku. Rolnictwo, farmacja i przemysł spożywczy są źródłem substancji aktywnych znajdujących zastosowanie w kosmetykach. Transfer technologiczny rozwiązań i wiedzy zaczerpniętej z wymienionych dziedzin do produkcji kosmetyków jest więc uzasadniony [Kostarelos i Rheins 2002]. W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się znaczny wzrost świadomości konsumentów w zakresie składu produktów kosmetycznych. Współczesny kosmetyk już nie tylko musi być skuteczny i bezpieczny, ale również wytworzony z naturalnych substancji, metodami, które nie będą miały negatywnego wpływu na środowisko [Schmid i Zülli 2012, Fonseca-Santos i in. 2015].

Biotechnologia jako źródło substancji biologicznie czynnych wykorzystywanych w kosmetyce

Biotechnologia uznawana jest obecnie za jedną z najprężniej rozwijających się dziedzin nauki. Liczne rozwiązania biotechnologiczne wprowadzane są m.in. w rolnictwie, gdzie do uprawy wdrażane są rośliny transgeniczne, w przemyśle farmaceutycznym, w którym obserwuje się wzrost produkcji biofarmaceutyków,

w ochronie środowiska – poprzez tworzenie zrównoważonych rozwiązań mających na celu ochronę środowiska naturalnego, a także w przemyśle – w produkcji etanolu i biogazów [Gomes i in. 2020]. Od wielu lat przy wykorzystaniu biotechnologii pozyskiwane są substancje aktywne pochodzenia roślinnego stosowane w przemyśle kosmetycznym, w tym szikonina, popularny pigment używany w produkcji kosmetyków, pozyskiwany z *Lithospermum erythrorhizon* [Fujita i Tabata 1986, Payne i in. 1991], arbutyna, składnik kosmetyków o właściwościach rozjaśniających pozyskiwany z *Catharanthus roseus* [Yokoyama i Yanaigi 1991] czy kartamina, barwnik pozyskiwany z *Carthamus tinctorius* [Oda 2005, Haghbeen 2006]. Współczesna biotechnologia wywiera znaczący, wielokierunkowy wpływ na przemysł kosmetyczny. Firmy kosmetyczne wykorzystują rozwiązania biotechnologiczne głównie do odkrywania, opracowywania i wytwarzania składników preparatów kosmetycznych oraz do oceny działania substancji aktywnych na skórę, w szczególności na zmiany związane z jej starzeniem [Zappelli i in. 2016]. Substancje aktywne pochodzenia roślinnego wykorzystywane w kosmetologii i dermatologii estetycznej to głównie metabolity wtórne, których zawartość w organizmach roślinnych nie przekracza zazwyczaj 1% suchej masy [Kubala 2013]. Pozyskiwanie tych substancji z naturalnych źródeł jest często trudne, niezwykle czasochłonne i nieopłacalne, ponadto wymaga dużej ilości materiału roślinnego do pozyskania stosunkowo małej ilości substancji aktywnej. Kolejnym problemem są również ograniczenia siedliskowe roślin, zmienność pór roku oraz utrudnione możliwości pozyskiwania cennych składników roślinnych z gatunków chronionych [Schürch i in. 2008]. Antidotum na zaistniałe problemy okazała się biotechnologia i szybki rozwój metody namnażania *in vitro* komórek i tkanek roślinnych [Kazmierski i Roszkowski 2019].

In vitro to metoda hodowli komórek i tkanek polegająca na wyizolowaniu i utrzymaniu żywych komórek, tkanek czy organów ponad 24 h poza ich naturalnym mikrośrodowiskiem. Hodowla jest możliwa dzięki umieszczeniu wyizolowanych komórek czy tkanek w odpowiednich pożywkach, bogatych w substancje odżywcze niezbędne do prawidłowego metabolizmu komórkowego, regulatory wzrostu i rozwoju oraz makro- i mikroelementy [Stokłosowa 2004]. Technologia kultur *in vitro* umożliwia produkcję na dużą skalę komórek lub tkanek roślinnych o dużej koncentracji substancji aktywnych, które w warunkach naturalnych występują w roślinie w niewielkich ilościach lub ich chemiczna synteza jest skomplikowana i nieopłacalna. Co istotne, na drodze biotechnologicznej możliwe jest uzyskanie surowca roślinnego wolnego od zanieczyszczeń środowiskowych, mikrobiologicznych i toksyn, dostępnego przez cały rok i przede wszystkim o takiej samej zawartości substancji aktywnej w każdej partii [Dal Toso i Melandri 2010]. Kultury *in vitro* pozwalają także na namnażanie

komórek roślinnych w stałych, kontrolowanych warunkach, co znacznie skraca czas potrzebny na pozyskanie dużej ilości materiału, w porównaniu z tradycyjnymi metodami uprawy [Kazmierski i Roszkowski 2019].

Roślinne komórki macierzyste

Komórki macierzyste są komórkami prekursorowymi wykazującymi zdolność do proliferacji, utrzymywania swojej liczby na takim samym poziomie, a także wytwarzania funkcjonalnych i zróżnicowanych komórek potomnych, które są charakterystyczne dla organu, z którego pochodzą. Ponadto charakteryzuje je wydłużony cykl komórkowy – obniżona dynamika podziałów, nieograniczona zdolność do samoodnowy i stan uśpienia metabolicznego [Szustka i Rogalińska 2017]. Komórki macierzyste roślin zlokalizowane są w ściśle określonych obszarach – merystemach, wśród których wyróżniamy merystemy pierwotne (merystem wierzchołkowy pędu i korzenia, merystem interkalarny i merystem kwiatowy) oraz merystemy wtórne (kambium, fellogen i tkankę przyranną – kalus) [Szczęsny 2008]. W ostatnich latach szczególne zainteresowanie skupia się na kulturach *in vitro* tkanek kalusa jako roślinnych komórek macierzystych (PSC). Kalus to tkanka roślinna powstająca w miejscu uszkodzenia mechanicznego. Najczęściej różnicuje się z komórek kambium, jednak jeśli uszkodzenie nie dochodzi do kambium, wówczas żywe zróżnicowane komórki przylegające do miejsca zranienia ulegają odróżnicowaniu i stają się merystematyczne, wytwarzając tkankę kalusową. Proces formowania kalusa jest jednym z etapów embriogenezy somatycznej, a odróżnicowane komórki przekształcają się w komórki macierzyste, mające zdolność odtworzenia nowej tkanki, a nawet całej rośliny [Moruś i in. 2014, Aggarwal i in. 2020]. Do zainicjowania tego typu hodowli można wykorzystać nawet niewielki eksplantat roślinny. Pozwala to na uzyskanie dużej ilości substancji biologicznie czynnych w stosunkowo krótkim czasie, bez hodowli całej rośliny. Dlatego PSC są alternatywą dla pozyskiwania związków biologicznie czynnych z wybranych gatunków roślin zasiedlających naturalne stanowiska [Kazmierski i Roszkowski 2019].

Większość preparatów kosmetycznych posiadających w swoim składzie PSC w rzeczywistości zawiera ekstrakty z komórek macierzystych, dlatego właściwym określeniem PSC stosowanych w kosmetykach jest PSC ‘ekstrakt’, który wykazuje pozytywne działanie na skórę [Szymanowska i in. 2019]. Należy podkreślić, że komórki macierzyste i ekstrakty z komórek macierzystych nie wykazują takich samych właściwości. Ekstrakty z PSC nie są żywymi komórkami, a preparaty kosmetyczne mające je w swoim składzie cechują właściwości ściśle

związane ze składem metabolitów wtórnych ekstraktów. W skład ekstraktu PSC wchodzą produkty metabolizmu roślin: lipidy, białka, węglowodany i polifenole, które wykazują silne działanie antyoksydacyjne, przeciwstarzeniowe oraz pobudzające regenerację skóry, a także hormony roślinne. Do szczególnie cennych substancji aktywnych o działaniu antyoksydacyjnym wchodzących w skład ekstraktów PSC zaliczamy polifenole, kwasy fenolowe, flawonoidy, triterpeny oraz karotenoidy. Wszystkie te substancje wpływają bezpośrednio lub pośrednio na proces opóźniania starzenia się skóry, ponadto wykazują właściwości stymulujące ludzkie komórki macierzyste naskórka i skóry właściwej do podziałów. W efekcie ich działania obserwowana jest stymulacja produkcji kolagenu i regulacja funkcji komórek naskórka, co wpływa na spłycenie zmarszczek, poprawę kolorytu i elastyczności skóry [Matysek-Nawrocka i Różyk 2019]. PSC są również odpowiedzialne za odbudowę uszkodzonego naskórka, aktywację naprawy DNA komórki oraz ochronę przed promieniowaniem UV [Barbulova i in. 2014, Georgiev i in. 2018]. Metabolity wtórne wchodzące w skład ekstraktów PSC mogą wykazywać działanie fotoprotekcyjne, chroniąc skórę przed niekorzystnym wpływem promieniowania UV. Do działań tych możemy zaliczyć m.in.: pochłanianie części promieniowania UVA i UVB, hamowanie wywołanych promieniowaniem UV reakcji wolnorodnikowych w komórkach skóry, ochronę naturalnych antyoksydantów, łagodzenie odpowiedzi zapalnych w keratynocytach, modulowanie nadmiernego metabolizmu, proliferacji i osłabienie immunosupresji wywołanych promieniowaniem UV [Korkina i in. 2017, Szymanowska i in. 2019]. Rośliny, z których pozyskiwane są PSC, nie są dobierane przypadkowo, ponieważ muszą charakteryzować się zwiększoną trwałością związaną z czasem przechowywania oraz tolerancją na warunki, w których rosną, a także wykazywać unikatowe właściwości lecznicze i adaptacyjne [Miczka 2016]. Ponadto, hodowla PSC w warunkach laboratoryjnych pozwala na stymulację komórek roślinnych do produkcji określonych pożądanych związków. Efekt ten można uzyskać, działając na niezróżnicowaną hodowlę komórkową elicytorami, czyli czynnikami indukującymi biochemiczne reakcje obronne roślin. Do elicytorów zaliczamy m.in. stresory biotyczne i abiotyczne oraz cząsteczki sygnałowe, takie jak kwas salicylowy i jasmonowy [Ebel i Cosio 1994, Poulev i in. 2003].

Po raz pierwszy kosmetyki zawierające PSC pojawiły się na rynku w 2008 r., kiedy szwajcarska firma Mibelle AG Biochemistry opracowała technologię PhytoCellTech, która umożliwia hodowlę komórek kalusa z rzadkich i chronionych gatunków roślin. Pierwsze PSC pozyskiwane były z jabłek *Malus domestica*, a następnie również z innych gatunków roślin: *Argania spinosa, Saponaria pumila, Rhododendron ferrugineum, Vitis vinifera, Crithmum maritimum, Syringa*

vulgaris, Citrus aurantium, Centella asiatica i *Lycopersicon esculentum* [Schmid i in. 2008, Dal Toso i Melandri 2011, Georgiev 2015, Matysek--Nawrocka i Różyk 2019]. Pierwszy zarejestrowany liposomalny preparat PhytoCellTec *Malus domestica* zawierał ekstrakt PSC pochodzący z rzadkiej szwajcarskiej odmiany jabłoni Uttwiler Spätlauber o następującym składzie: ekstrakt PSC w stężeniu 9%, fosfolipidy – 0,14%, glicerol – 0,4%, fenoksyetanol – 1,4%, ketrol T – 1%. Producent zaleca stosowanie ekstraktu jako dodatek do kosmetyków w stężeniu od 2% do 5% [Schmid i in. 2008, Szymanowska i in. 2019]. Zarówno badania *in vitro*, jak i *in vivo* potwierdziły korzystny efekt stosowania ekstraktów PSC na skórę, jednak w zależności od gatunku, z którego pozyskiwano PSC, efekt był odmienny. PSC pozyskiwane z *Malus domestica* opóźniają zanikanie dermalnych komórek macierzystych, wykazują efekt ochronny przeciw promieniowaniu UV, a także właściwości przeciwutleniające poprzez symulację ekspresji genów, które odgrywają ważną rolę w regulacji, wzroście i proliferacji komórek (cyklina B1 i E1, p53, IGF II, oksygenaza hemowa 1) [Schmid i in. 2008, Gerogiev 2015]. Ekstrakt PSC *Malus domestica* redukuje zmarszczki pojawiające się wokół oczu i poprawia gęstość skóry [Schmid i in. 2008]. Opatentowany ekstrakt PSC PhytoCellTech *Malus domestica* obecnie jest składnikiem produktów znanych marek kosmetycznych, takich jak Dior, Lancôme, Guerlain i La Prairie. Wymienione firmy oferują kosmetyki pielęgnacyjne przeznaczone do cery dojrzałej, takie jak sera, kremy i maski do twarzy, kremy pod oczy, kosmetyki do makijażu, oraz produkty do pielęgnacji włosów, wśród których znajdziemy oleje, odżywki i sera z dodatkiem omawianych składników aktywnych [Eibl i in. 2018].

Ekstrakt PSC pozyskiwany z dojrzałych owoców *Argania spinosa*, która rośnie tylko w południowo-zachodniej części Maroka w idealnych warunkach środowiskowych, stymuluje proliferację i przeżywalność ludzkich komórek macierzystych. Ponadto wykazuje właściwości przeciwstarzeniowe, przeciwzmarszczkowe i antycellulitowe [Schmid i in. 2008, Ples i in. 2016]. Ekstrakt PSC z *Crithmum maritimum* pozytywnie wpływa na proliferację i żywotność keratynocytów i fibroblastów skóry, co powoduje wzrost grubości poszczególnych warstw skóry i zwiększenie gęstości komórek zarówno w naskórku, jak i w skórze właściwej [Lequeux 2011]. Natomiast PSC pozyskiwane z *Lycopersicon esculentum* wykazują ochronny wpływ na mysie komórki keratynocytów i fibroblastów, podczas działania na nie stresu oksydacyjnego wywołanego stosowaniem metali ciężkich (Ni i Pb). Ponadto stymulowały produkcję kolagenu I i III przez fibroblasty w obecności metali ciężkich oraz zmniejszyły ekspresję kolagenazy MMPq, 3 i 9, której wzrost obserwowano w warunkach analizowanego stresu [Tito i in. 2011]. Prowadzone badania dowodzą, że ekstrakt PSC

pozyskiwany z *Lycopersicon esculentum* wykazuje silne działanie antyoksydacyjne, chroniące komórki skóry przed wolnymi rodnikami [Tito i in. 2011]. Natomiast ekstrakty PSC pochodzące z *Vitis vinifera* wykazują działanie ochronne przeciwko promieniowaniu UV, a także detoksykacyjne [Georgiev 2015]. Ekstrakty PSC pozyskiwane z *Coffea bengalensis* i *Nicotiana sylvestris* wykazują stymulujące działanie na fibroblasty, pobudzając je do produkcji kolagenu i zwiększając tym samym możliwości regeneracyjne skóry [Apone i in. 2010, Tito i in. 2011], a ekstrakt PSC pozyskiwany z *Zingiber officinale* redukuje widoczność rozszerzonych porów skóry i ogranicza produkcję sebum [Tito i in. 2011].

Ekstrakty z PSC budzą obecnie coraz większe zainteresowanie wśród producentów kosmetyków, dlatego na rynku kosmetycznym pojawia się coraz większa liczba firm mających w swojej ofercie półprodukty – ekstrakty PSC – przeznaczone do wykorzystania w recepturach kosmetycznych. Do najbardziej znanych możemy zaliczyć: Naolys (Francja), Active Concept LLC (USA), Akott Evolution S.R.L. (Włochy), Biocosmethic (Francja), Infinitec (Hiszpania), Innova BM (Bułgaria), In vitro Plant-Tech AB (Szwecja), Sederma (Wielka Brytania), Provital Group (Hiszpania) i Vitalab (Włochy) [Georgiev i in. 2018, Szymanowska i in. 2019].

Podsumowanie

Zastosowanie komórek macierzystych w kosmetologii uważane jest za przełomowe odkrycie, pozwalające na zahamowanie objawów starzenia się skóry i możliwość uzyskania młodego wyglądu nawet w wieku dojrzałym. Za najistotniejsze oddziaływanie na skórę uznaje się ich ochronny wpływ na dermalne komórki macierzyste przeciwdziałające działaniu wolnych rodników i substancji toksycznych, zwiększenie zdolności naprawczych komórek macierzystych, przeciwdziałanie powstawaniu plam pigmentacyjnych poprzez ochronę melanocytów przed promieniowaniem UV i stymulację fibroblastów do produkowania składników macierzy zewnątrzkomórkowej oraz włókien kolagenowych [Prombonas i Grdeń 2016, Miastkowska i Sikora 2018]. Wyniki badań naukowych wykazały skuteczność ekstraktów PSC, dlatego coraz częściej są one wykorzystywane w różnego rodzaju zabiegach z zakresu kosmetologii i medycyny estetycznej. Najpopularniejsze obecnie ekstrakty PSC pozyskiwane są z jabłoni szwajcarskiej, pomarańczy gorzkiej i lilaka pospolitego, to one najczęściej znajdują się w recepturach produktów kosmetycznych.

Obecnie coraz większe zainteresowanie budzi możliwość wykorzystania PSC w medycynie regeneracyjnej, zwłaszcza w leczeniu trudno gojących się ran. Prowadzono badania nad możliwościami regeneracyjnymi kalusowego ekstraktu z *Oryza sativa*, które potwierdziły jego właściwości pobudzające migrację komórek, co ma istotne znaczenie w procesie zabliźniania się ran. Według autorów badań materiały lipidowe zawarte w tym ekstrakcie mogą stymulować ekspresję czynników wzrostu wewnątrz rany [Park i in. 2018]. Ponadto prowadzone są badania nad możliwością wykorzystania opatrunków hemicelulozowych nowej generacji, które są wykonane z nanocząsteczkowych włókien PSC. Opatrunki te wykazują korzystne działanie na zmniejszenie stanu zapalnego, obrzęku i pobudzenie procesów regeneracyjnych w ranie. Ponadto obecne w opatrunku substancje aktywne pochodzenia roślinnego pozwalają na usunięcie martwych tkanek z rany, a także pobudzają procesy ziarninowania [Szymanowska i in. 2019].

Bibliografia

Aggarwal S., Sardana C., Ozturk M., Sarwat M., 2020. Plant stem cells and their applications: special emphasis on their marketed products. 3 Biotech. 10(7), 1–9. https://doi.org/10.1007/s13205-020-02247-9

Apone F., Tito A., Carola A., 2010. A mixture of peptides and sugars derived from plant cell walls increases plant defense responses to stress and attenuates ageing-associated molecular changes in cultured skin cells. J. Biotechnol. 1549(4), 367–376. https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2009.11.021

Barbulova A., Apone F., Colluci G., 2014. Plant cell cultures as source of cosmetic active ingredients. Cosmetics 1(2), 94–104. https://doi.org/10.3390/cosmetics1020094

Bielawska A., Szymanowska A., 2018. Komórki macierzyste – nadzieja medycyny. Akt. Med. 9, 32–37.

Dal Toso R., Melandri F., 2010. Plant cell culture technology: a new ingriedient source. Personal Care 35, 28.

Dal Toso R., Melandri F., 2011. *Echinacea angustifolia* cell culture extract. Nutrafoods 1, 19–24.

Ebel J., Cosio E.G., 1994. Elicitors of plant defense responses. Int. Rev. Cytol. 148, 1–36. https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)62404-3

Eibl R., Meier P., Stutz I., Schildberger D., Hühn T., Eibl D., 2018. Plant cell culture technology in the cosmetics and food industries: current state and future trends. Appl. Microbiol. Biotechnol. 102, 8661–8675. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9279-8

Fonseca-Santos B., Corrêa M.A., Chorilli M., 2015. Sustainability, natural and organic cosmetics: consumer, products, efficacy, toxicological and regulatory considerations. Brazilian J. Pharm. Sci. 51(1), 17–26. https://doi.org/10.1590/S1984-82502015000100002

Fujita Y., Tabata M., 1986. Secondary metabolites from plant cells. Proceedings of 6th International Congress of Plant Tissue and Cell Culture. IAPTC, 2.

Georgiev V., 2015. Mass propagation of plant cells – an emerging technology platform for suistainable production of biopharmaceuticals. Biochem. Pharmacol. 4, 5. https://doi.org/10.4172/2167-0501.1000e180

Georgiev V., Slavov A., Vasileva I., Pavlov A., 2018. Plant cell culture as emerging technology for production of active cosmetic ingredients. Eng. Life Sci. 18(11), 779–798. http://doi.org/10.1002/elsc.201800066

Gomes C., Silva A.C., Marques A.C., Lobo J.S., Amaral M.H., 2020. Biotechnology applied to cosmetics and aesthetic medicines. Cosmetics 7(2), 33. https://doi.org/10.3390/cosmetics7020033
Gunia-Krzyżak A., Sowa A., Piska K., Żelaszczyk D., Marona H., 2021. Zaskakujące i niezwykłe składniki współczesnych kosmetyków. Kosmetologia 77(5), 287–296. https://doi.org/10.32383/farmpol/138771
Haghbeen K., 2006. *Lithospermum officinale* callus produces shikalin. Biologia 61(4), 463–467. https://doi.org/10.2478/s11756-006-0077-x
Kazmierski Ł., Roszkowski S., 2019. Plant stem cells culture – a new tool for skin protection and regeneration. Med. Res. J. 4(1), 52–57.
Korkina L.G., Mayer W., de Luca C., 2017. Meristem plant cells as a suitainable source of redox actives for skin rejuvenation. Biomolecules 7(2), 40. https://doi.org/10.3390/biom7020040
Kostarelos K., Rheins L., 2002. Biotechnology impacting cosmetic science: altering the way cosmetics are perceived. Cosmet. Toiletries 117, 34–38.
Kubala A., 2013. Biological methods of obtaining medical compounds in botany. Gazeta Farm. 1, 26–28.
Lequeux C., Lhoste A., Rovere M.R., Montastier C., Damour O., 2011. Model of in vitro healing to test the influence of dedifferentiated *Crithmum maritimum* cells on dermal repair and epidermal regeneration. Skin Pharmacol. Physiol. 24(2), 75–80. https://doi.org/10.1159/000321991
Matysek-Nawrocka M., Różyk W., 2019. Zastosowanie komórek macierzystych w medycynie i kosmetologii. Zesz. Nauk. WSNS 1, 133–142.
Miastkowska M., Sikora E., 2018. Anti-aging properties of plant stem cell extracts. Cosmetics 5(4), 55. https://doi.org/10.3390/cosmetics5040055
Miczka A., 2016. Roślinne komórki macierzyste w kosmetykach. Świat Przem. Kosmet. Surowce 1, 1–6.
Moruś M., Baran M., Rost-Roszkowska M., Skotnicka-Graca U., 2014. Plant stem cells as innovations in cosmetics. Acta Pol. Pharm. 5, 701–707.
Oda H., 2005. Utilization of natural colors: photostabilization of sunflower (*Carthamus tinctorius* L.) red carthamin. Foods Food Ingred. J. 210(3), 207–213.
Pandey A., Höfer R., Larroche C., Taherzadeh M., Nampoothiri M., 2015. Industrial Biorefineries: industrial biorefineries and white biotechnology, 1st ed. Elsevier Science, NY, USA.
Park D.E., Adhikari D., Pangeni R., Panthi V.K., Kim H.J., Park J.W., 2018. Preparation and characterization of callus extract from *Pyrus pyrifolia* and investigation of its effects on skin regeneration. Cosmetics 5(4), 71. https://doi.org/10.3390/cosmetics5040071
Pavolović M., Radotić K., 2017. Animal and plant stem cells. Concepts, propagation and engineering. Springer, Boca Raton, USA. http://doi.org/10.1007/978-3-319-47763-3
Payne G.F., Bringi V., Prince C., Shuler M.L., 1991. Plant cell and tissue culture in liquid systems. Hanser, New York.
Ples M., Glik J., Misiuga M., Skotnicka J., Kawecki M., Nowak M., 2016. Rany przewlekłe i ich leczenie. Substytuty skóry i przeszczepy allogeniczne. J. Orthop. Trauma Surg. Relat. Res. 38, 48–56.
Poulev A., O'Neal J.M., Logendra S., Pouleva R.B., Timeva V., Garvey A.S., Gleba D., Jenkins I.S., Halpern B.T., Kneer R., Cragg G.M., Raskin I., 2003. Elicitation, a new window into plant chemodiversity and phytochemical drug discovery. J. Med. Chem. 46(12), 2542–2547. https://doi.org/10.1021/jm020359t
Prombonas M., Grdeń M., 2016. Nieinwazyjne terapie opóźniające procesy starzenia się skóry – przegląd zabiegów. Kosmet. Estet. 4, 399–403.
Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych, Dz.Urz. EU, L 342 z 22.12.2009, s. 59.
Schmid D., Schürch C., Blum P., Belser E., Zülli F., 2008. Plant stem cell extract for longevity of skin and hair. SŐFW J. 134(5), 30–35.
Schmid D., Zülli F., 2012. Use of plant stem cell culture for a sustainable production of innovative ingredients. SOFW J. 138(9), 2–10.

Schürch C., Blum P., Zülli F., 2008. Potential of plant cells in culture for cosmetic aplication. Phytochem. Rev, 7, 599–605. https://doi.org/10.1007/s11101-007-9082-0
Stokłosowa S., 2004. Hodowla komórek i tkanek. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Szczęsny T., 2008. Genetic control of self-perpetuation of the shoot apical meristem in *Arabidopsis thaliana*. Post. Biol. Kom. 35(2), 169–182.
Szustka A., Rogalińska M., 2017. Potencjalne zastosowania komórek macierzystych w medycynie regeneracyjnej i transplantologii. Post. Biochem. 60, 143–150.
Szymanowska A., Gornowicz A., Bielawska A., Bielawski K., 2019. Roślinne komórki macierzyste i ich zastosowanie w kosmetologii i medycynie regeneracyjnej. Biull. Wydz. Farm. WUM 7, 36–42.
Tito A., Carola A., Bimonte M., 2011. A tomato stem cell extract, containing antioxidant compounds and metal chelating factors, protects skin cells from heavy metal-induced damages. Int. J. Cosmet. Sci. 33(6), 543–552. https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2011.00668.x
Ustawa z dnia 6 września 2001 r. – Prawo farmaceutyczne, Dz.U. z 2021 r., poz. 1977.
Yokoyama M., Yanaigi M., 1991. Progress in production of useful plant metabolites by Japanese Enterprises using plant cell culture technology. W: A. Komamine, M. Misawa, F. Dilosmo (red.). Plant cell culture in Japan, CMC Co. Tokyo.
Zappelli C., Barbulova A., Apone F., Colucci G., 2016. Effective active ingredients obtained through biotechnology. Cosmetics 3(4), 39. https://doi.org/10.3390/cosmetics3040039

Streszczenie: Komórki macierzyste to komórki o szczególnych właściwościach, które zdolne są do samoodtwarzania się przez nieograniczony czas, a także do różnicowania się w określone typy komórek. Rozwój biotechnologii daje obecnie możliwość namnażania roślinnych komórek macierzystych i wykorzystywania ich ekstraktów jako składników w recepturach kosmetycznych. Właściwości formuł kosmetycznych powstałych z wykorzystaniem roślinnych komórek macierzystych zależne są od rodzaju i ilości metabolitów wtórnych w nich zawartych, przy czym najczęściej wymienia się działanie antyoksydacyjne, przeciwstarzeniowe, pobudzające regenerację skóry i ochronne. Celem niniejszej pracy było przedstawienie najczęściej wykorzystywanych w kosmetologii ekstraktów roślinnych komórek macierzystych, ich właściwości i możliwości zastosowania.

Słowa kluczowe: ekstrakty komórek macierzystych, ekstrakty PSC, kosmetologia, receptury kosmetyków anti-aging, substancje antyoksydacyjne, substancje przeciwstarzeniowe

Naturalne substancje roślinne o właściwościach promieniochronnych

Agata Konarska[1]✉, Katarzyna Rubinowska[1]

Rozpowszechnianie się wiedzy na temat dobroczynnych właściwości kosmetyków naturalnych i roślinnych substancji biologicznie aktywnych oraz szkodliwego oddziaływania promieniowania ultrafioletowego (UV) na skórę człowieka sprawiło, że stale rośnie zainteresowanie związkami roślinnymi mającymi zdolność pochłaniania promieniowania UV. Związki te są pierwszymi sensorami i mediatorami oddziaływania energii słonecznej ze względu na specyficzną strukturę chemiczną i obecność chromoforów, które pochłaniają energię światła słonecznego i rozpraszają ją w postaci energii cieplnej lub fluorescencyjnej [Ramakrishna i Ravishankar 2011, Podolec i in. 2021]. Rośliny uważane są za bardzo wartościowe źródło fotoochronnych oraz przeciwstarzeniowych związków stosowanych do opracowywania receptur kosmeceutyków i dermokosmetyków [Saewan i Jimtaisong 2015, Korkina i in. 2018]. Roślinne składniki aktywne rzadziej niż związki syntetyczne są przyczyną reakcji alergicznych i komedogennych czy innych negatywnych skutków ubocznych oraz są znacznie tańsze i bardziej przyjazne dla środowiska w przeciwieństwie do organicznych filtrów UV, które wykazują liczne działania niepożądane [Molins-Delgado i in. 2018, Zhan i in. 2021]. Ponadto często stosowane jednocześnie filtry mineralne i organiczne mogą oddziaływać cytotoksycznie lub genotoksycznie oraz prowadzić do rozkładu filtrów organicznych z wytworzeniem toksycznych produktów [Damiani i in. 2007, Obanla i in. 2019].

Najbardziej szkodliwy wpływ na skórę człowieka wywiera promieniowanie UV-B (o długości fal w zakresie 280–315 nm) odpowiedzialne m.in. za oparzenia, raka skóry i zaćmę [Sirerol i in. 2015, Fernando i in. 2016], a w mniejszym stopniu promieniowanie UV-A (o zakresie długości fal 315–400 nm), które przyśpiesza procesy starzenia na skutek generowania reaktywnych form tlenu

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ e-mail: agata.konarska@up.lublin.pl

(RFT) oraz może niszczyć DNA i działać kancerogennie [Brem i in. 2017, Khan i in. 2018].

Naturalne substancje i surowce roślinne odznaczające się zdolnością pochłaniania promieniowania UV charakteryzują się z reguły niewystarczającymi właściwościami promieniochronnymi i dość niską wartością współczynnika ochrony przeciwsłonecznej SPF (z ang. *sun protection factor*), dlatego też z reguły nie pełnią funkcji filtrów przeciwsłonecznych, natomiast dzięki właściwościom przeciwzapalnym i immunomodulującym mogą niwelować późne skutki nadmiernej ekspozycji skóry na promieniowanie UV, tj. kancerogenezę i fotostarzenie [Sneha i in. 2015, Donglikar i Deore 2017]. Ważną rolę w składzie nowoczesnych preparatów przeciwsłonecznych powinny pełnić również naturalne przeciwutleniacze neutralizujące wolne rodniki powstające pod wpływem promieniowania UV [Bojarowicz i Bartnikowska 2014, Julkunen-Tiitto i in. 2015]. Według zaleceń nowoczesnej kosmetologii, w celu ochrony skóry w czasie długotrwałej ekspozycji na promieniowanie słoneczne, receptury kosmetyków fotoprotekcyjnych powinny bazować przede wszystkim na łącznie stosowanych mineralnych i organicznych filtrach o szerokim spektrum działania ochronnego, ze wskazaniem wzbogacania ich składnikami naturalnymi, które pozwolą ograniczyć zawartość szkodliwych filtrów organicznych i jednocześnie podwyższyć wartość współczynnika SPF [Radice i in. 2016, Montenegro i Santagati 2019].

Do idealnych promieniochronnych składników roślinnych należą te, które absorbują promieniowanie UV-A i UV-B, są nietoksyczne, niedrażniące, odporne na światło, ciepło i pot, wolno się wchłaniają oraz szybko rozpuszczają się w odpowiednim nośniku [Chiari-Andréo i in. 2020]. Wyniki badań naukowych prezentują wiele roślinnych substancji biologicznie czynnych o właściwościach fotoprotekcyjnych, które w znacznym stopniu spełniają powyższe wymogi. Substancje te należą do różnych grup metabolitów, takich jak flawonoidy, fenolokwasy, saponiny, alkaloidy, triterpeny, lipidy, karotenoidy, naftochinony czy też pochodne antracenowe. Mechanizm działania tych związków obejmuje stymulację odpowiedzi przeciwzapalnej i immunologicznej, detoksykację, modulacyjne działanie antyoksydantów oraz zmianę ekspresji genów [Saewan i Jimtaisong 2015].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie najważniejszych substancji roślinnych, które są szczególnie interesujące dla przemysłu kosmetycznego ze względu na ich znaczny potencjał promieniochronny i antyoksydacyjny.

Flawonoidy

Flawonoidy należące do grupy związków fenolowych to najważniejsze i najlepiej zbadane naturalne związki promieniochronne, które odznaczają się znaczną zdolnością absorbcji promieniowania UV-A i UV-B, przeciwdziałania RFT i zwalczania przedwczesnego starzenia się skóry wywołanego różnymi czynnikami zewnętrznymi [de Alencar Filho i in. 2016, Chiari-Andréo i in. 2020].

Apigenina (5,7-dihydroxyflawon) powszechnie występuje w surowcach kosmetycznych pozyskiwanych z *Calendula officinalis, Artemisia inculta, Arnica montana* (f. Asteraceae) czy *Cuminum cyminum* (f. Apiaceae) [Anitha i in. 2016, Donglikar i Deore 2017], a także w owocach jabłoni i winorośli oraz różnych warzywach (fasola, brokuły, seler, cebula, pietruszka, pomidor) [Kowalczyk i in. 2017]. Apigenina chroni komórki przed apoptozą i hamuje ekspresję białka proapoptotycznego oraz tworzy kompleksy z DNA, zwiększając jego trwałość [Bridgeman i in. 2016, Righini i in. 2019]. Wartość SPF dla apigeniny jest stosunkowo wysoka i wynosi 10,08 [Britto i in. 2017].

Bajkalina, bajkaleina i wagonina to flawonoidy obecne w ekstrakcie z tarczycy bajkalskiej (*Scutellaria baicalensis* f. Lamiaceae), które posiadają właściwości antyoksydacyjne, a także wykazują znaczną absorbancję promieniowania UV [Seok i in. 2016, Zhou i in. 2016]. Dodatek wymienionych flawonoidów do kremów przeciwsłonecznych zwiększa współczynnik fotoprotekcji kosmetyków i przywraca naturalną równowagę w skórze uszkodzonej wskutek nadmiernego działania promieni słonecznych [Seok i in. 2016]. Bajkalina ogranicza apoptozę, produkcję RFT oraz tworzenie dimerów cyklobutenopirymidynowych (CPD) i oksydacyjnych adduktów DNA [Sui i in. 2020].

Genisteina (4′,5,7-trihydroksyizoflawon) występuje głównie w nasionach soi (*Glycine max* f. Fabaceae) [Carneiro i in. 2020] oraz w organach koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* f. Fabaceae) [Widyarini i in. 2001]. Genisteina wykazuje aktywność przeciwutleniającą i fotoochronną oraz zapobiega uszkodzeniom skóry poprzez hamowanie nitrowania białek [Terra i in. 2015] i blokowanie oksydacyjnych i fotodynamicznych uszkodzeń DNA oraz działanie przeciwfotokancerogenne [Song i in. 2015, Terra i in. 2015]. Substancja ta hamuje także angiogenezę, a tym samym unaczynienie guzów oraz proliferację komórek nowotworowych [Saewan i Jimtaisong 2015]. Genisteina i jej metabolity, takie jak ekwol, izoekwol i dehydroekwol, stosowane miejscowo hamują wywołane przez UV-B wytwarzanie nadtlenku wodoru i nadwrażliwość kontaktową oraz zmniejszają obrzęk zapalny [Widyarini i in. 2001, Terra i in. 2015]. Genisteina stosowana łącznie z kurkuminą wykazuje skuteczniejsze pochłanianie promieniowania UV-B [Riswanto i in. 2021]. Wyciągi izoflawonowe ekstrahowane z maku-

cha sojowego hamowały apoptozę keratynocytów indukowaną przez UV-B oraz uwalnianie nadtlenku wodoru i fosforylację kinaz aktywowanych mitogenami [Chiang i in. 2007], a także osłabiały rumień i przeznaskórkową utratę wody (TEWL), zmniejszały grubość naskórka i zwiększały aktywność katalazy oraz hamowały ekspresję cyklooksygenazy indukowanej (COX-2) i proliferujących antygenów komórkowych (PCNA) w odpowiedzi na ekspozycję na UV-B [Huang i in. 2010].

Katechiny to typ flawonoli obecnych w skórce owoców winorośli, jabłoni, granatu, amli (agrestu indyjskiego) i borówki oraz w kakao, herbacie zielonej, oolong i czarnej [Al-Snafi 2020]. Epikatechina, galusan epikatechiny, epigallokatechina i galokatechina inaktywują RFT oraz pomagają zmniejszyć uszkodzenia DNA i występowanie rumienia, opóźniając degradację macierzy zewnątrzkomórkowej wywołanej promieniowaniem UV [Shi i in. 2016]. Katechiny odznaczają się właściwościami antyoksydacyjnymi silniejszymi od witaminy C i E i są zdolne do wychwytywania tlenu singletowego, nadtlenku wodoru i rodników hydroksylowych [Grzesik i in. 2018]. Badania zdolności fotoprotekcyjnych katechin wykazały, że mimo dość znacznej niestabilności, związki te, oprócz ochrony skóry przed promieniami UV, działają przeciwstarzeniowo i można je wykorzystywać w preparatach kosmetycznych i dermatologicznych [Zhang i in. 2016, Ferreira-Nunes i in. 2018].

Galusan epigallokatechiny wykazuje najsilniejszą aktywność biologiczną, tj. hamuje rozwój kolagenoz, chroni skórę przed uszkodzeniami oksydacyjnymi wywoływanymi przez promieniowanie UV oraz przyspiesza naprawę DNA [Katiyar 2011, Kim i in. 2018]. Ponadto w eksperymencie przeprowadzonym na myszach, galusan epigallokatechiny wykazał działanie hamujące kancerogenezę i odpowiedź zapalną oraz immunosupresję indukowaną promieniowaniem UV [Katiyar 2011]. Galusan epigallokatechiny łatwo ulega fotodegradacji w warunkach promieniowania UV, którą można zredukować przez jednoczesne zastosowanie witaminy E lub kwasu α-liponowego jako dodatkowego składnika kremu [Bianchi i in. 2011, Scalia i in. 2013].

Kwercetyna (3,3′,4′,5,7-pentahydroksyflawon) charakteryzuje się właściwościami antyoksydacyjnymi, przeciwzapalnymi i antykancerogennymi [Seo i in. 2015, Kiekow i in. 2016]. Największe stężenia kwercetyny występują w cebuli, wiesiołku, neemie (miodle indyjskiej), słoneczniku, żurawinie, jabłku, herbacie, czerwonym winie, a także w ekstraktach z *Gingko biloba, Apocynum venetum, A. hendersonii* i *Opuntia ficusindica*. Badania donoszą, że kwercetyna hamuje powstawanie nowotworów skóry i może być stosowana jako filtr przeciwsłoneczny [Dobrikova i Apostolova 2015]. Ma ogromny potencjał w zapobieganiu uszkodzeniom skóry wywołanym promieniowaniem UV, jednakże wykazuje

niską stabilność, przepuszczalność i rozpuszczalność, co stanowi istotną wadę tego metabolitu [Hung i in. 2012]. Tworzenie nanocząstek z różnymi polimerami lub lipidami poprawia właściwości kwercetyny, a jej działanie prowadzi wówczas do znacznego osłabiania uszkodzeń wywołanych promieniowaniem UV [Caddeo i in. 2016, Zhu i in. 2016]. Znaczna zawartość kwercetyny oraz jej pochodnych w ekstrakcie z *Ginkgo biloba* sprawia, że ekstrakt wykazuje silne właściwości przeciwutleniające, a preparaty kosmetyczne z ekstraktem zapobiegają uszkodzeniom spowodowanym promieniowaniem UV, takim jak TEWL, uszkodzenie bariery kinetycznej i rumień [Chiu i Kimballl 2003, Zhao i in. 2020]. Ekstrakt z *Ginkgo biloba* działał jako silny „zmiatacz" wolnych rodników, zwiększając aktywność dysmutazy ponadtlenkowej w skórze myszy napromieniowanej UV-B [Ren i in. 2019].

Sylimarina to kompleks flawonolignanów obecnych w nasionach ostropestu plamistego (*Silybum marianum* f. Asteraceae) składający się z sylibiny A i B, izosylibiny, sylikrystyny, sylidianiny oraz taksyfoliny. Suche nasiona ostropestu zawierają 1–4% sylimariny [Shokrpour i in. 2007], która ma właściwości przeciwnowotworowe i przeciwutleniające [Azadpour i in. 2020]. Głównym i najbardziej aktywnym składnikiem sylimaryny są sylibininy, które stanowią 50–60% składników tego metabolitu [Noh i in. 2011] i mają właściwości protekcyjne przed promieniowaniem UV-A [Svobodová i in. 2018]. Sylimaryna stosowana zarówno na skórę, jak i będąca składnikiem diety, ogranicza fotokarcynogenezę poprzez hamowanie stresu oksydacyjnego, stanu zapalnego oraz proliferacji i apoptozy komórek naskórka indukowanych promieniowaniem UV [Dhanalakshmi i in. 2005, Katiyar 2011, Guillermo-Lagae i in. 2015].

Proantocyjanidyny są obecne zwłaszcza w kasztanowcu, oczarze wirginijskim, nasionach winorośli, jabłkach, czarnych jagodach, jęczmieniu, fasoli i głogu [Korać i Khambholja 2011]. Związki te uważane są za inhibitory mutacji DNA i silne przeciwutleniacze, które mogą osłabiać stres oksydacyjny wywołany przez UV-B, hamować aktywację komórkowych kaskad sygnałowych obejmujących szlaki MAPK i NF-κB oraz zmniejszać ryzyko fotokarcynogenezy [Mantena i Katiyar 2006, Yang i in. 2018].

Proantocyjanidyny z pestek winogron były szeroko testowane pod kątem działania przeciwrakowego na modelach zwierzęcych *in vivo*. Wykazano, że hamują one rozwój nowotworów skóry wywołanych promieniowaniem UV-B, jak również złośliwą transformację brodawczaków w nowotwory. Zahamowanie rozwoju nowotworu skóry przez proantocyjanidyny winorośli zachodziło poprzez hamowanie zapalenia, szybką naprawę uszkodzonego DNA oraz stymulację układu odpornościowego [Filip i in. 2011, Katiyar 2016].

Antocyjany to flawonoidy, których barwnymi aglikonami są antocyjanidyny, takie jak cyjanidyna, pelargonidyna, delfinidyna i nasunina. Związki te powszechnie występują w owocach granatu i innych owocach o barwie od żółtej do fioletowej, tj. w jabłku, brzoskwini, gruszce, fidze, agreście, wiśni, a także w ziarnach zbóż, czerwonej kapuście i bakłażanie [Korać i Khambholja 2011, Anitha i in. 2016]. Antocyjany redukują niekorzystne skutki ekspozycji na promieniowanie UV-B, chronią lipidy błon komórkowych przed utlenianiem i neutralizują enzymy niszczące tkankę łączną [Li i in. 2019]. Ponieważ antocyjany odznaczają się niską stabilnością i szybko ulegają degradacji w środowisku wodnym, opracowano kompleks antocyjanów, który wykazywał brak cytotoksyczności dla komórek skóry oraz znaczną stabilność i ochronę przed UV-A [Priprem i in. 2017]. Saewan i Jimtaisong [2015] wykazali także, że delfinidyna znacznie hamuje stres oksydacyjny i ogranicza uszkodzenia skóry wywołane promieniowaniem UV-B, natomiast Sobiepanek i in. [2016] opisali korzystny wpływ delfinidyny w modulowaniu właściwości mechanicznych keratynocytów w odpowiedzi na napromieniowanie UV-B.

Pyknogenol to mieszanina flawonoidów pozyskiwana głównie z kory *Pinus pinaster* oraz z pestek winogron [Bazerra i in. 2019]. Pyknogenol wykazuje bardzo silne działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwrakotwórcze oraz może być stosowany w celu ochrony przed promieniowaniem UV i immunosupresją po oparzeniach [Sime i Reeve 2004]. Ekstrakt z kory *P. pinaster* zawiera też inne wartościowe związki polifenolowe, tj. katechiny, taksyfolinę, procyjanidyny oraz kwasy fenolowe zwiększające jego działanie antyoksydacyjne [Sharma i in. 2016].

Kwasy fenolowe

Kwas ferulowy (kwas 4-hydroksy-3-metoksycynamonowy) występuje przede wszystkim w ziarniakach zbóż i posiada właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne oraz zdolność do absorbowania promieniowania UV-B [Cavalcanti i in. 2020, Sauce i in. 2021]. Chroni przed peroksydacją lipidów, ma zdolność wiązania wolnych rodników tiolowych oraz chroni komórki przed nadtlenkami azotu [Mancuso i Santangelo 2014, Ambothi i in. 2015]. Kwas ten wykazuje znaczne synergistyczne działanie z witaminą C i E [Wu i in. 2013]. System ochrony przeciwsłonecznej składający się z kwasu ferulowego i organicznych filtrów UV skutecznie opóźnia rozwój rumienia i zapewnia wzrost SPF preparatu fotoprotekcyjnego oraz ogranicza nasilenie stanu zapalnego [Peres i in. 2018].

Kurkumina to pochodna kwasu ferulowego pozyskiwana z kłączy ostryżu długiego (*Curcuma longa* f. Zingiberaceae). Głównymi składnikami kurkuminy są kurkuminoidy oraz olejki lotne – kurmeron i zingiberen [Jurenka 2009]. Kurkuminoidy bardzo skutecznie zapobiegają uszkodzeniom komórek przez RFT i są zdolne do unieczynniania rodników hydroksylowych [Panahi i in. 2017]. Kurkumina może być stosowana jako skuteczny filtr przeciwsłoneczny, a także wykazuje właściwości immunomodulujące oraz przeciwnowotworowe [Li i in. 2018]. Stosowanie niskich dawek kurkuminy w hodowlach keratynocytów hamuje aktywację jądrowego czynnika transkrypcyjnego (NF-kB) wywołaną promieniowaniem UV-B [Madhunapantula 2012]. Kurkumina indukuje apoptozę oraz hamuje proliferację i inwazję komórek linii LNCaP (komórki hormonowrażliwe) oraz DU145 i PC3 (komórki hormonooporne) [Teiten i in. 2011].

Kumaryny to laktony kwasów hydroksycynamonowych obecne w ekstraktach z *Aesculus hippocastanum, Fraxinus chinensis, Artemisia* spp., *Ficus carica, Matricaria chamomilla, Calendula officinalis* i *Lamium album* [Kasperkiewicz i in. 2016]. Kumaryny zostały zidentyfikowane jako fotostabilne absorbery UV z maksimum absorpcji w zakresie UV-A, które wykazują także właściwości fotooksydacyjne, antymutagenne i przeciwnowotworowe [Jivaramonaikul i in. 2010, Karthikeyan i in. 2016]. Niektóre kumaryny należące do typu psolarenu, np. furanokumaryny obecne w organach różnych *Heracleum* sp. mogą wykazywać silne działanie fotouczulające i być przyczyną fotodermatoz [Hosseinzadeh i in. 2019].

Kwas galusowy (kwas 3,4,5-trihydroksybenzoesowy) w znacznych ilościach występuje w winogronach, borówce czernicy oraz czerwonym winie i zielonej herbacie. Kwas ten chroni komórki przed uszkodzeniami oksydacyjnymi i jest w stanie modulować odpowiedź zapalną wywołaną promieniowaniem UV-B poprzez zmniejszenie fosforylacji białek czynnika transkrypcyjnego AP-1, c-Jun i c-Fos [Hwang i in. 2014]. Miejscowe stosowanie kwasu galusowego u myszy poddanych promieniowaniu UV-B redukowało powstawanie zmarszczek i poprawiało ogólne nawilżenie skóry w porównaniu z grupą kontrolną traktowaną wyłącznie UV-B. Ponadto kwas galusowy był w stanie ograniczać produkcję RFT, hamować nadmierny rozrost naskórka oraz degradację kolagenu w skórze właściwej wywołane promieniowaniem UV-B [Hwang i in. 2014]. Ochronne działanie kwasu galusowego i jego pochodnych pozyskiwanych z alg *Spirogyra* spp. w odpowiedzi na stres wywołany promieniowaniem UV-B wykazali Wang i in. [2017a] w modelach *in vitro* i *in vivo*.

Inne związki fenolowe

Resweratrol (3′4′5′–trihydroxy-*trans*-stilben) to rozpuszczalny w tłuszczach związek należący do klasy polifenoli, powszechnie spotykany w czerwonych winogronach i grejpfrutach, czarnych jagodach, orzeszkach ziemnych, czerwonym winie, a także w ekstraktach z korzeni rdestu ostrokończystego (*Polygonum cuspidatum*), rdestu ptasiego *(P. aviculare*) i korzeni ciemiężycy (*Veratrum grandiflorum*) [Aggarwal i in. 2004]. Resweratrol ma działanie przeciwutleniające, antymutagenne i przeciwzapalne. Stwierdzono, że ochronne działanie resweratrolu następowało poprzez hamowanie mediatora stanu zapalnego COX-2, hamowanie dekarboksylazy ornityny (ODC), redukcję nadtlenku wodoru i zmniejszoną peroksydację lipidów [Afaq i in. 2003] oraz ma związek ze zmianami w ekspresji genów [Lephart i Andrus 2017]. Wykazano, że przy stosowaniu miejscowym metabolit ten hamuje rozwój nowotworów wywołanych promieniowaniem UV-B [Donglikar i Deore 2017, Park 2017] oraz osłabia stres oksydacyjny w ludzkich keratynocytach wywołany przez UV-A [Liu i in. 2011]. Stosowanie resweratrolu jest ograniczone ze względu na jego niewielkie przenikanie w głąb skóry [Alonso i in. 2017], jednak jego zamknięcie w nanocząsteczkach lipidów skutkuje większym wchłanianiem przez skórę, a w konsekwencji zwiększoną ochroną i aktywnością przeciwutleniającą [Wang i in. 2017b].

Lignina pozyskiwana np. z *Miscanthus sacchariflorus* (f. Poaceae) i *Pinus densiflora* (f. Pinaceae) to polifenolowy polimer aromatyczny, który posiada chromoforowe grupy funkcyjne mogące pochłaniać szerokie spektrum promieniowania UV w zakresie 250–400 nm [Sadeghifar i Ragauskas 2020]. Lignina ma również właściwości antyoksydacyjne, a jej obecność w preparatach przeciwsłonecznych znacznie zwiększa wartość współczynnika SPF tych produktów [Lee i in. 2019]. Qian i in. [2016] wykazali, że dodatek 1% ligniny do balsamu przeciwsłonecznego prawie dwukrotnie zwiększyło wartość SPF tego kosmetyku.

Honokiol to hydroksylowany związek bifenolowy izolowany z *Magnolia* spp. Posiada właściwości przeciwutleniające [Costa i in. 2017], przeciwzapalne [Vaid i in. 2010], angiogenne oraz antynowotworowe [Fried i Arbiser 2009]. Honokiol zmniejsza stany zapalne wywołane przez wolne rodniki tlenowe i chroni keratynocyty HaCaT i fibroblasty przed ich szkodliwym działaniem [Costa i in. 2017]. Honokiol moduluje również ekspresję białek cyklu komórkowego w czerniaku skóry wykazując działanie przeciwnowotworowe [Guillermo-Lagae i in. 2017]. Miejscowe stosowanie honokiolu odwraca indukowaną przez promieniowanie UV immunosupresję, w czym pośredniczy hamowanie ekspresji COX-2 i późniejsze wytwarzanie PGE2 [Prasad i in. 2017].

Apocynina (4-hydroksy-3-metoksyacetofenon) znana też pod nazwą acetowanilonu, jest obecna w ekstrakcie z korzeni katuki skorpionowej (*Picrorhiza kuraro* f. Plantaginaceae) i toiny konopiowatej (*Apocynum cannabinum* f. Apocynaceae) [‘t Hart i in. 2014]. Apocynina ma silne działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwnowotworowe [Ma i in. 2018]. Opóźnia wystąpienie nowotworów skóry indukowanych przez UV-B oraz znacznie zmniejsza całkowitą liczbę guzów [Byun i in. 2016], a także osłabia produkcję mediatorów stanów zapalnych w keratynocytach, w tym szlaków Akt, mTOR i NF-kB [Nam i in. 2016].

Glikozydy

Ginsenozydy to zróżnicowana grupa steroidowych saponin pozyskiwanych z korzeni żeń-szenia (*Panax ginseng* f. Araliaceae) wykazująca działanie przeciwzapalne i przeciwstresowe oraz zapobiegająca fotostarzeniu się skóry. Saponiny te odpowiedzialne są za zmiatanie RFT, zwiększanie aktywności przeciwutleniającej w keratynocytach poddanych działaniu promieniowania UV i obniżanie poziomu białka MMP-2 indukowanego przez UV-B [Oh i in. 2015]. Ekstrakt z żeń-szenia wywiera działanie przeciwzapalne poprzez zmniejszenie produkcji tlenku azotu i syntezy mRNA iNOS w keratynocytach HaCaT i ludzkich fibroblastach skóry oraz hamuje indukowaną przez UV-B ekspresję COX2 i transkrypcję TNF-α w komórkach keratynocytów HaCaT [Lee i in. 2012].

Glicyryzyna (kwas lukrecjowy) to saponina triterpenowa występująca w korzeniu lukrecji gładkiej (*Glycyrrhiza glabra* f. Fabaceae) wykazująca działanie przeciwzapalne i przeciwutleniające [Afnan i in. 2012, Farrukh i in. 2015]. Glicyryzyna wywiera hamujący wpływ na fotostarzenie fibroblastów skóry ludzkiej (NHDF) wywołane UV-B i na molekularne mechanizmy zaangażowane w ten proces. Zaobserwowano, że glicyryzyna zwiększa żywotność komórek i zapobiega jądrowym i cytoplazmatycznym zmianom indukowanym przez UV-B [Afnan i in. 2012].

Salidrozyd (tyrozyn) występujący w różeńcu górskim (*Rhodiola rosea* f. Crassulaceae) wykazuje silne właściwości antyfotostarzeniowe i antystresowe [Mao i in. 2015]. Po zastososowaniu salidrozydu fibroblasty skóry ludzkiej napromieniowane UV-B odzyskiwały żywotność, a liczba starzejących się fibroblastów zmniejszała się. Salidrozyd zapobiegał zatrzymywaniu cyklu komórkowego wywołanemu przez UV-B i zmniejszał ekspresję białek p21, p53 i p16 związanych ze starzeniem. Dodatkowo salidrozyd chronił przed indukcją syntezy MMP-1 i cytokin prozapalnych IL-6 i TNF-a powodowaną przez UV-B [Mao

i in. 2015]. Xiao-Ying i in. [2016] wykazali, że salidrozyd jest również w stanie chronić keratynocyty HaCaT przed utratą żywotności spowodowaną promieniowaniem UV-B oraz wykazuje właściwości przeciwutleniające. Salidrozyd zmniejszał poziom cytoplazmatycznych RFT indukowanych przez keratynocyty HaCaT pod wpływem UV-B, jak również powodował wznowienie aktywności transkrypcyjnej genu Nrf2. Dodatkowo, badania prowadzone na świnkach morskich wykazały, że doustne podawanie salidrozydu zapobiega nadmiernemu rozrostowi naskórka i hamuje apoptozę komórek oparzeń słonecznych w naskórku wywoływaną przez UV-B [Xiao-Ying i in. 2016].

Saponiny pozyskiwane z buzdyganka naziemnego (*Tribulus terrestris* f. Zygophyllaceae) i trukwy walcowatej (*Luffa cylindrica* f. Cucurbitaceae) wykazują właściwości fotoprotekcyjne i zapobiegają kancerogenezie indukowanej przez UV-B. Osłabiają także programowaną śmierć komórki indukowaną przez UV-B poprzez hamowanie wewnętrznego szlaku apoptozy [Sisto i in. 2012, Mishra i in. 2018].

Karetonoidy

Likopen, α- i β-karoten, luteina, astaksantyna i zeaksantyna to rozpuszczalne w tłuszczach pigmenty roślinne, które w największych ilościach występują w organach *Solanum lycopersicum* i *Daucus carota* oraz w żółtych, czerwonych i pomarańczowych owocach i warzywach [Prasanth i in. 2020]. Aplikowane doustnie w postaci diety owocowo-warzywnej powodują wzrost zawartości karotenoidów w skórze i mają działanie przeciwutleniające i fotoprotekcyjne opóźniające pojawienie się guzów skóry lub redukujące ich ilość [Muszyńska i in. 2016, Balić i Mokos 2019]. Suplementacja karotenoidami chroni przed rumieniem wywołanym promieniowaniem UV-B [Igielska-Kalwat i in. 2015]. Karotenoidy mogą być także pomocne w zapobieganiu i leczeniu niektórych fotodermatoz, w tym protoporfirii erytropoetycznej, porfirii skórnej późnej i polimorficznej osutki świetlnej [Balić, Mokos 2019].

Kapsantyna i kapsorubina to karotenoidy obecne w owocach czerwonej papryki [Fernández-Garcıá i in. 2016]. Związki te wykazują dużą zdolność przeciwutleniającą poprzez wygaszanie singletowego tlenu cząsteczkowego i zmiatanie rodników nadtlenowych [Bosch i in. 2015]. Obydwa związki są również w stanie chronić skórne fibroblasty ludzkie przed cytotoksycznością indukowaną przez UV-B poprzez hamowanie nadmiernych uszkodzeń DNA oraz zapobieganie apoptozie komórek [Fernández-Garcıá i in. 2016].

Luteina jest karotenoidem obecnym w wielu warzywach i owocach (jarmuż, szpinak, sałata, pietruszka, pomarańcze, brzoskwinie), a także w żółtych kwiatach (nagietek, aksamitka). Wykazuje silne właściwości przeciwutleniające i chroni ludzkie oczy i skórę przed szkodliwym oddziaływaniem światła słonecznego [Pongcharoen i in. 2013, Grether-Beck i in. 2017]. Ochronne działanie różnych dawek luteiny ograniczające apoptozę indukowaną przez UV-B obserwowano w hodowli keratynocytów ludzkich napromieniowywanych UV-B. Luteina zmniejszyła liczbę komórek apoptotycznych, jednak nie miała istotnego wpływu na proliferację napromieniowanych keratynocytów [Pongcharoen i in. 2013].

Fitoen i fitofluen oraz ich pochodne to bezbarwne karotenoidy, które mają wysokie maksima absorpcji UV, zarówno w zakresie UV-B, jak i UV-A [Khoo i in. 2011].

Pochodne antracenowe

Pochodne antracenowe obecne są w różnych ekstraktach, np. z *Aloe vera, Asperula odorata, Rhamnus frangula, Rheum officinalis* i *Juglans regia.*

Aloina to pochodna antracenowa składająca się z barboliny, tj. mieszaniny dwóch diastereoizomerów: aloiny A i aloiny B. Aloina wzmacnia mechanizmy obronne skóry, wspomaga ochronę przeciwsłoneczną i posiada działanie antyoksydacyjne, dzięki czemu znalazła zastosowanie w produkcji kremów przeciwsłonecznych. Sprzyja także gojeniu i łagodzeniu podrażnień, stanów zapalnych oraz mikrourazów powodowanych przez promieniowanie UV [Ray i Ghosh 2018, Sánchez i in. 2020]. Ekstrakt z liści aloesu zwyczajnego zawierający aloinę oraz emodynę wykazuje wysoki SPF (28,9) i odznacza się wysoką fotostabilnością [Napagoda i in. 2016]. W keratynocytach HaCaT ekstrakt z aloesu zmniejsza utlenianie błon lipidowych indukowane przez UV-A oraz zwiększa całkowitą przeżywalność komórek [Rodrigues i in. 2016]. W modelu mysim doustna suplementacja aloesem ograniczała indukowaną przez UV-B apoptozę komórek nabłonka i hamowała tworzenie metaloproteinaz macierzy MMP-2 i MMP-13, a także redukowała głębokość zmarszczek związanych z promieniowaniem UV [Misawa i in. 2017]. Połączenie naturalnych przeciwutleniaczy – aloesu i kurkuminy, wywołało zwiększoną ochronę przeciwutleniającą [Kitture i in. 2015].

Antrachinony takie jak emodyna, reina, parietin i chryzofanol to pochodne antracenowe obecne w wyciągach z korzeni, liści i owoców *Rumex crispus* (f. Polygonaceae). Antrachinony i ich ekstrakty wykazały wysoką zdolność ochrony przed promieniowaniem UV, a spośród nich emodyna odznaczała się

najwyższą ochroną i wartością SPF wynoszącą 20,23 (100 µg/ml) i 30,59 (200 µg/ml) [Demireze i Uzun 2016].

Naftochinony

Juglon (5-hydroksynaftochinon) będący pochodną naftalenu to naturalny barwnik roślinny otrzymywany z liści i mięsistej owocni różnych gatunków orzecha (*Juglans regia, J. nigra, J. cinerea, J. mandschurica*). Ekstrakty z orzechów wykorzystywane są jako środki usuwające z organizmu wolne rodniki, a ich działanie promieniochronne przejawia się głównie w zakresie promieniowania UV-B [Korać i Khambholja 2011]. Ekstrakty zawierające oprócz juglonu także naftol mają właściwości samoopalające [Sushma i Ratnamala 2019]. Juglon reaguje wówczas z keratyną obecną w skórze i tworzy związki sklerojuglonowe, które prowadzą do opalania skóry i chronią przed promieniami UV.

Triterpeny

Madekasozyd, azjatykozyd, kwas madekasowy i kwas azjatycki to triterpeny obecne w ekstrakcie z wąkroty azjatyckiej (*Centella asiatica* f. Apiaceae), które są odpowiedzialne za stymulowanie syntezy kolagenu oraz wykazują działanie antyoksydacyjne [Astuti i in. 2021]. Ekstrakt z wąkroty wykazuje wysoką absorbancję promieniowania UV-B i może być wykorzystywany jako potencjalna naturalna ochrona przed uszkodzeniami wywołanymi przez ten typ promieniowania [Hashim i in. 2011]. Ponadto właściwości przeciwutleniające opisanych triterpenów wspomagają fotostabilizację filtrów UV [Ling i in. 2010].

Alkaloidy

Berberyna, jatroryzyna, koptyzyna, epiberberyna i palmityna to alkaloidy obecne w ekstrakcie otrzymywanym z kwiatostanów *Coptis chinensis* (f. Ranunculaceae). Związki te wykazują właściwości protekcyjne przeciwko promieniowaniu UV-B i mają działanie antyoksydacyjne [Ma i in. 2013]. Najlepszymi właściwościami antyoksydacyjnymi odznaczała się berberyna. Stosowanie ekstraktu w celu ochrony skóry zwierząt napromieniowanych UV-B powodowało znaczny spadek aktywności peroksydazy glutationowej, katalazy, dysmutazy ponadtlenkowej i ilości hydroksyproliny.

Brachyceryna, alkaloid obecny w organach *Psychotria brachyceras* (f. Rubiaceae), chroni przed promieniowaniem UV-B, działając jak filtr UV i zmiatacz RFT [Porto i in. 2020].

Melatonina

Melatonina roślinna występuje w wielu ziołach i roślinach leczniczych, np. tarczycy bajkalskiej (*Scutellaria biacalensis*, f. Lamiaceae) oraz w orzechach, fasoli, pomidorach, owocach cytrusowych i winogronach [Hardeland 2016, Meng i in. 2017]. Fitomelatonina jest uznawana za silny „wymiatacz" RFT, dzięki czemu zapobiega uszkodzeniom komórek i stanom zapalnym [Acuña-Castroviejo i in. 2014, Hacışevki i Baba 2018]. Zastosowanie melatoniny po ekspozycji na promieniowanie UV-B spowodowało spadek produkcji RFT w ludzkich melanocytach i keratynocytach, czemu towarzyszyła zwiększona ekspresja p53, naprawa DNA i zmniejszone wytwarzanie CPD [Janjetovic i in. 2014, 2017]. Melatonina chroni także przed rumieniem wywołanym promieniowaniem UV poprzez modulację mediatorów prozapalnych [Sierra i in. 2013, Janjetovic i in. 2017]. Wykazano, że niektóre metabolity melatoniny, takie jak 4-hydroksymelatonina, są jeszcze silniejszymi przeciwutleniaczami niż sama melatonina [Pérez-González i in. 2017].

Tłuszcze roślinne

W produkcji kosmetyków przeciwsłonecznych stosowane są oleje, masła oraz woski roślinne. Tłuszcze roślinne wykazują raczej niskie i niewystarczające zdolności promieniochronne [Gause i Chauhan 2016], jednak ich włączenie do receptur preparatów przeciwsłonecznych często pozwala zredukować zawartość szkodliwych organicznych filtrów UV [Niculae i in. 2014, Montenegro i Santagati 2019].

Według Chiari et al. [2014] bogaty w polifenole olej z zielonej kawy, w połączeniu z syntetycznym filtrem – etoksycynamonianem etyloheksylu, powoduje 20-procentowy wzrost SPF. Stosunkowo wysokim współczynnikiem SPF (ok. 28) odznacza się olej z nasion malin, który wykazuje absorbancję zarówno w zakresie UV-A, jak i UV-B [Wang i in. 2011]. Znaczną wartością współczynnika ochrony przeciwsłonecznej odznacza się także oliwa z oliwek i olej kokosowy (SPF powyżej 7) oraz olej rycynowy (SPF 5,7) [Kaur i Saraf 2010, Sushma i Ratnamala 2019]. Niektóre z olejów, np. migdałowy i rokitnikowy,

mimo że mają niskie wartości SPF, są bogate w polifenole (kwasy fenolowe, flawonoidy, antocyjany) [Kaur i Saraf 2010, Nishad i in. 2018] i wykazują działanie antyoksydacyjne, zmniejszają peroksydację lipidów i podnoszą poziom nieenzymatycznych przeciwutleniaczy, takich jak zredukowany L-glutation (GSH), tioredoksyna (Trx) oraz witaminy E i A [Sultana i in. 2007, Gęgotek i in. 2018]. Z kolei olej z amarantusa, nawet w bardzo niewielkich stężeniach (0,1–0,5%), w kulturach fibroblastów ludzkiej skóry chroni przed promieniowaniem UV-A i przeciwdziała hamowaniu biosyntezy kolagenu w fibroblastach skóry [Wolosik i in. 2017]. Składniki niezmydlającej się frakcji masła Shea wykazują silną absorpcję promieniowania UV-B, co pozwala dodawać je do kosmetyków fotoprotekcyjnych celem zwiększenia ich właściwości ochronnych [Wilczyński i in. 2010]. Do tłuszczów roślinnych wykazujących właściwości ochronne przed promieniowaniem UV należą również oleje - z pestek granatu, z kiełków pszenicy oraz z orzechów babassu, które posiadają także właściwości antyoksydacyjne [Badea i in. 2015, Da Silva i in. 2020].

Wosk carnauba pozyskiwany z palmy *Copernicia cerifera* (f. Arecaceae) jest bogaty w pochodne cynamonianu, takie jak alifatyczne diestry kwasu p-metoksycynamonowego lub hydroksycynamonowego, które wykazują znaczną absorpcję UV, a także działanie przeciwutleniające [Freitas i in. 2016]. Ostatnie badania dotyczące zastosowania wosku carnauba do enkapsulacji filtrów mineralnych wydają się być dość obiecujące [Chu et al. 2020].

Podsumowanie

Nowoczesna kosmetologia wciąż poszukuje bezpiecznych i jednocześnie skutecznych substancji naturalnych o własciwościach fotoprotekcyjnych, które zapewnią szeroką ochronę przed szkodliwymi skutkami ekspozycji na promieniowanie UV-A i UV-B, a jednocześnie będą wykazywały aktywność antyoksydacyjną, przeciwzapalną oraz immunomodulującą. Dotychczasowe wyniki badań wykazały większą skuteczność działania fotoprotekcyjnego w przypadku kombinacji różnych substancji naturalnych, w porównaniu z pojedynczymi składnikami. Należące do różnych kategorii związków roślinne substancje o właściwościach promieniochronnych i wykazujące aktywność przeciwutleniającą zapobiegają uszkodzeniom komórek, zwłaszcza naskórka i macierzy zewnątrzkomórkowej skóry właściwej oraz wykazują ogromny potencjał neutralizacji RFT indukowanych przez promieniowanie ultrafioletowe. Głębszego poznania wymaga synergizm między naturalnymi substancjami i syntetycznymi produktami fotoochronnymi. Wiele z fitozwiązków jest w stanie zwiększać war-

tości SPF kosmetyku zawierajacego organiczne filtry przeciwsłoneczne, nierzadko pozwalając ograniczyć ilość i niestabilność filtrów organicznych oraz redukując uboczne skutki ich działania. Naturalne substancje fotoprotekcyjne stanowić mogą bezpieczną, dostępną, łatwą w produkcji i zdecydowanie tańszą alternatywę dla fotoochrony skóry w porównaniu z filtrami organicznymi.

Bibliografia

Acuña-Castroviejo D., Escames G., Venegas C., Díaz-Casado M.E., Lima-Cabello E., López L.C., Rosales-Corral S., Tan D.-X., Reiter R.J., 2014. Extrapineal melatonin: sources, regulation, and potential functions. Cell. Mol. Life Sci. 71, 2997–3025. https://doi.org/10.1007/s00018-014-1579-2

Afaq F., Adhami V.M., Ahmad N., 2003. Prevention of short-term ultraviolet B radiation-mediated damages by resveratrol in SKH-1 hairless mice. Toxicol. Appl. Pharmacol. 186, 28–37. https://doi.org/10.1016/S0041-008X(02)00014-5

Afnan Q., Adil M.D., Nissar-Ul A., Rafiq A.R., Amir H.F., Kaiser P., Gupta V.K., Vishwakarma R., Tasduq S.A., 2012. Glycyrrhizic acid (GA), a triterpenoid saponin glycoside alleviates ultraviolet-B irradiation-induced photoaging in human dermal fibroblasts. Phytomedicine 19, 658–664. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.03.007

Aggarwal B.B., Bhardwaj A., Aggarwal R.S., Seeram N.P., Shishodia S., Takada Y., 2004. Role of resveratrol in prevention and therapy of cancer: preclinical and clinical studies. Anticancer Res. 24, 2783−2840.

de Alencar Filho J.M.T., Sampaio P.A., Pereira E.C.V., de Oliveira Junior R.G., Silva F.S., da Silva Almeida J.R.G., Rolim L.A., Pereira Nunes X.. da Cruz Araújo, E.C., 2016. Flavonoids as photoprotective agents: a systematic review. J. Med. Plants Res. 10, 848–864. https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6273

Alonso C., Martí M., Barba C., Carrer V., Rubio L., Coderch L., 2017. Skin permeation and antioxidant efficacy of topically applied resveratrol. Arch. Dermatol. Res. 309, 423–431. https://doi.org/10.1007/s00403-017-1740-5

Al-Snafi A.E., 2020. Phenolics and flavonoids contents of medicinal plants, as natural ingredients for many therapeutic purposes – A review. IOSR J. Pharm. 10(7), 42–81.

Ambothi K., Prasad N.R., Balupillai A., 2015. Ferulic acid inhibits UVB-radiation induced photocarcinogenesis through modulating inflammatory and apoptotic signaling in Swiss albino mice. Food Chem. Toxicol. 82, 72–78. https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.04.031

Anitha D., Reddy K.Y., Venkatesh P., Raani M.J., 2016. A review-herbal sunscreen agents on skin protection. Eur. J. Pharm. Med. Res. 3, 308–313.

Astuti I.Y., Yupitawati A., Nurulita, N.A., 2021. Anti-aging activity of tetrahydrocurcumin, *Centella asiatica* extract, and its mixture. Adv. Tradit. Med. 21(1), 57–63.

Azadpour M., Farajollahi M.M., Varzi A.M., Hashemzadeh P., Mahmoudvand H., Barati M., 2020. Extraction, chemical composition, antioxidant property and in vitro anticancer activity of silymarin from Silybum marianum on Kb and A549 cell lines. Curr. Drug Disc. Technol. 2020, https://doi.org/10.2174/1570163817666200827111127

Badea G., Lăcătuşu I., Badea N., Ott C., Meghea A., 2015. Use of various vegetable oils in designing photoprotective nanostructured formulations for UV protection and antioxidant activity. Ind. Crops Prod. 67, 18–24. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.049

Balić A., Mokos M., 2019. Do we utilize our knowledge of the skin protective effects of carotenoids enough?. Antioxidants 8(8), 259. https://doi.org/10.3390/antiox8080259

Bezerra, L.S., Bezerra-Junior, N.D.S., Santos-Veloso, M.A.O., Oliveira, F.D., Chaves-Markman, Â.V., 2019. Pycnogenol® (bark extract from *Pinus pinaster*) uses in prevention and treatment of cardiopathies. Rev. Med. UFC 59(3), 44–47. https://doi.org/10.20513/2447-6595.2019v59n3p44-47

Bianchi A, Marchetti N, Scalia S., 2011. Photodegradation of (-)-epigallocatechin-3-gallate in topical cream formulations and its photostabilization. J. Pharm. Biomed. Anal. 56(4), 692–697. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.07.007

Bojarowicz H., Bartnikowska N., 2014. Kosmetyki ochrony przeciwsłonecznej. Część I. Filtry UV oraz ich właściwości. Probl. Hig. Epidemiol. 95, 596–601.

Bosch R., Philips N., Suárez-Pérez J.A., Juarranz A., Devmurari A., Chalensouk-Khaosaat J., González S., 2015. Mechanisms of photoaging and cutaneous photocarcinogenesis, and photoprotective strategies with phytochemicals. Antioxidants 4, 248–268. https://doi.org/10.3390/antiox4020248

Brem R., Guven M., Karran P., 2017. Oxidatively-generated damage to DNA and proteins mediated by photosensitized UVA. Free Radic. Biol. Med. 107, 101–109. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.10.488

Bridgeman B.B., Wang P., Ye B., Pelling J.C., Volpert O.V., Tong X., 2016. Inhibition of mTOR by apigenin in UVB-irradiated keratinocytes: A new implication of skin cancer prevention. Cell. Signal. 28(5), 460–468. https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2016.02.008

Britto S.M., Shanthakumari D., Agilan B., Radhiga T., Kanimozhi G., Prasad N.R., 2017. Apigenin prevents ultraviolet-B radiation induced cyclobutane pyrimidine dimers formation in human dermal fibroblasts. Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 821, 28–35. https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2017.06.002

Byun S., Lee E., Jang Y.J., Kim Y., Lee K.W., 2016. The NADPH oxidase inhibitor apocynin inhibits UVB-induced skin carcinogenesis. Exp. Dermatol. 25, 489–491. https://doi.org/10.1111/exd.12989

Caddeo C., Nacher A., Vassallo A., Armentano M.F., Pons R., Fernàndez-Busquets X., Carbone C., Valenti D., Fadda A.M., Manconi., 2016. Effect of quercetin and resveratrol co-incorporated in liposomes against inflammatory/oxidative response associated with skin cancer. Int. J. Pharm. 513, 153–163. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2016.09.014

Carneiro A.M., Moreira E.A., Bragagnolo F.S., Borges M.S., Pilon A.C., Rinaldo D., Funari C.S., 2020. Soya agricultural waste as a rich source of isoflavones. Food Re. Int. 130, 108949. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108949

Cavalcanti G.R., Duarte F.I.C., Converti A., de Lima Á.A.N., 2020. Ferulic acid activity in topical formulations: technological and scientific prospecting. Curr. Pharm. Des. Bentham Science Publishers, Szardża. https://doi.org/10.2174/1381612826666201020163331

Chiang H.S., Wu W.B., Fang J.Y., Chen B.H., Kao T.H., Chen Y.T., Huang C.C., Hung C.F., 2007. UVB-protective effects of isoflavone extracts from soybean cake in human keratinocytes. Int. J. Mol. Sci. 8, 651– 661. https://doi.org/10.3390/i8070651

Chiari B.G., Trovatti E., Pecoraro È., Corrêa M.A., Cicarelli R.M.B., Ribeiro S.J.L., Isaac V.L.B., 2014. Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. Ind. Crop Prod. 52, 389–393. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.011

Chiari-Andréo B.G., Almeida F.B.D., Yamasaki P.R., Santos J.L.D., Corrêa M.A., Chin C.M., Isaac V.L.B., 2020. Can natural products improve skin photoprotection?. Rodriguésia 71, e00672019. http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202071067

Chiu A., Kimballl A.B., 2003. Topical vitamins, minerals and botanical ingredients as modulators of environmental and chronological skin damage. Br. J. Dermatol. 149, 681–691. https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2003.05540.x

Chu C.C., Hasan Z.A.B.A., Chua S.K., Nyam K.L., 2020. Formulation and characterization of novel nanostructured lipid carriers with photoprotective properties made from carnauba wax, beeswax, pumpkin seed oil, and uv filters. J. Am. Oil Chem. Soc. 97(5), 531–542. https://doi.org/10.1002/aocs.12340

Costa A., Facchini G., Pinheiro A.L.T.A., Da Silva M.S., Bonner M.Y., Arbiser J., Eberlin S., 2017. Honokiol protects skin cells against inflammation, collagenolysis, apoptosis, and senescence caused by cigarette smoke damage. Int. J. Dermatol. 56, 754–761. https://doi.org/10.1111/ijd.13569

Da Silva M.J.F., Rodrigues A.M., Vieira I.R.S., de Araújo Neves G., Menezes R.R., do Rosário Gonçalves E.D.G., Pires M.C.C., 2020. Development and characterization of a babassu nut oil-based moisturizing cosmetic emulsion with a high sun protection factor. RSC Adv. 10(44), 26268–26276. https://doi.org/10.1039/D0RA00647E

Damiani E., Baschong W., Greci L., 2007. UV-Filter combinations under UV-A exposure: Concomitant quantification of over-all spectra stability and molecular integrity. J. Photochem. Photobiol. B: Biology 87, 95–104. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2007.03.003

Demirezer L.O., Uzun M., 2016. Determination of sun protection factor (SPF) of *Rumex crispus* and main anthraquinones. Planta Med. 82(S 01), P334. https://doi.org/10.1055/s-0036-1596459

Dhanalakshmi S., Agarwal C., Singh R.P., Agarwal R., 2005. Silibinin up-regulates DNA-protein kinase-dependent p53 activation to enhance UVB-induced apoptosis in mouse epithelial JB6 cells. J. Biol. Chem. 280, 20375–20383. https://doi.org/10.1074/jbc.M414640200

Dobrikova A.G., Apostolova E.L., 2015. Damage and protection of the photosynthetic apparatus from UV-B radiation. II. Effect of quercetin at different pH. J. Plant Physiol. 184, 98–105. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.06.008

Donglikar M.M., Deore S.L., 2017. Development and evaluation of herbal sunscreen. Pharmacogn. J. 9(1), 83–97. https://doi.org/10.5530/pj.2017.1.15

Farrukh M.R., Nissar U.A., Kaiser P.J., Afnan Q., Sharma P.R., Bhushan S., Tasduq S.A., 2015. Glycyrrhizic acid (GA) inhibits reactive oxygen Species mediated photodamage by blocking ER stress and MAPK pathway in UV-B irradiated human skin fibroblasts. J. Photochem. Photobiol. B: Biology, 148, 351–357. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.05.003

Fernández-García E., Carvajal-Lérida I., Pérez-Gálvez A., 2016. Carotenoids exclusively synthesized in red pepper (capsanthin and capsorubin) protect human dermal fibroblasts against UVB induced DNA damage. Photochem. Photobiol. Sci. 15, 1204–1211. https://doi.org/10.1039/C6PP00134C

Fernando P.M.D.J., Piao M.J., Hewage S.R.K.M., Kang H.K., Yoo E.S., Koh Y.S., Ko M.H., Ko C.S., Byeon S.H., Mun S.R., Lee N.H., Hyun J.W., 2016. Photo-protective effect of sargachromenol against UVB radiation-induced damage through modulating cellular antioxidant systems and apoptosis in human keratinocytes. Environ. Toxicol. Pharmacol. 43, 112–119. https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.02.012

Ferreira-Nunes R., Gratieri T., Gelfuso G.M., Cunha-Filho M., 2018. Mixture design applied in compatibility studies of catechin and lipid compounds. J. Pharm. Biomed. Anal. 149, 612–617. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.069

Filip A., Daicoviciu D., Clichici S., Mocan T., Muresan A., Postescu I.D., 2011. Photoprotective effects of two natural products on ultraviolet B-induced oxidative stress and apoptosis in SKH-1 mouse skin. J. Med. Food. 14, 761–766. https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0142

Freitas C.A.S., Vieira I.G.P., Sousa P.H.M., Muniz C.R., Gonzaga M.L.C., Guedes M.I.F., 2016. Carnauba wax p-methoxycinnamic diesters: characterisation, antioxidant activity and simulated gastrointestinal digestion followed by in vitro bioaccessibility. Food Chem. 196, 1293–300. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.101

Fried L.E., Arbiser J.L., 2009. Honokiol, a multifunctional antiangiogenic and antitumor agent. Antioxid. Redox Signal. 11, 1139–1148. https://doi.org/10.1089/ars.2009.2440

Gause S., Chauhan A., 2016. UV-blocking potential of oils and juices. Int. J. Cosmet. Sci. 38(4), 354–363. https://doi.org/10.1111/ics.12296

Gęgotek A., Jastrząb A., Jarocka-Karpowicz I., Muszyńska M., Skrzydlewska E., 2018. The effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on UV-induced changes in lipid metabolism of human skin cells. Antioxidants 7(9), 110, 138–158. https://doi.org/10.3390/antiox7090110

Grether-Beck S., Marini A., Jaenicke T., Stahl W., Krutmann J., 2017. Molecular evidence that oral supplementation with lycopene or lutein protects human skin against ultraviolet radiation: results from a double-blinded, placebo-controlled, crossover study. Br. J. Dermatol. 176(5), 1231–1240. https://doi.org/10.3390/antiox7090110

Grzesik M., Naparło K., Bartosz G., Sadowska-Bartosz I., 2018. Antioxidant properties of catechins: Comparison with other antioxidants. Food Chem. 241, 480–492. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.117

Guillermo-Lagae R., Deep G., Ting H., Agarwal C., Agarwal R., 2015. Silibinin enhances the repair of ultraviolet B-induced DNA damage by activating p53-dependent nucleotide excision repair mechanism in human dermal fibroblasts. Oncotarget 6, 39594–39606. https://doi.org/10.18632/oncotarget.5519

Guillermo-Lagae R., Santha S., Thomas M., Zoelle E., Stevens J., Kaushik R.S., Dwivedi C., 2017. Antineoplastic effects of honokiol on melanoma. BioMed. Res. Int. 2017, 5496398. https://doi.org/10.1155/2017/5496398

Hacışevki A., Baba B., 2018. An overview of melatonin as an antioxidant molecule: a biochemical approach. W: C.M. Drăgoi, A.C. Nicolae. (red.), Melatonin. Molecular biology, clinical and pharmaceutical approaches. BoD–Books on Demand, IntechOpen, London, 59–85.

Hardeland R., 2016. Melatonin in plants–diversity of levels and multiplicity of functions. Front. Plant Sci. 7, 198. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00198

‘t Hart B.A., Copray S., Philippens I., 2014. Apocynin, a low molecular oral treatment for neurodegenerative disease. Biomed. Res. Int. 298020. https://doi.org/10.1155/2014/298020

Hashim P., Sidek H., Helan M.H.M., Sabery A., Palanisamy U.D., Ilham M., 2011. Triterpene composition and bioactivities of *Centella asiatica*. Molecules 16(2), 1310–1322. https://doi.org/10.3390/molecules16021310

Hosseinzadeh Z., Ramazani A., Razzaghi-Asl N., 2019. Plants of the genus heracleum as a source of coumarin and furanocoumarin. J. Chem. Rev. 1(2), 78–98. https://doi.org/10.33945/SAMI/JCR.2019.1.7898

Huang C.C., Hsu B.Y., Wu N.L., Tsui W.H., Lin T.J., Su C.C., Hung C.F., 2010. Anti-photoaging effects of soy isoflavone extract (aglycone and acetylglucoside form) from soybean cake. Int. J. Mol. Sci. 12, 4782–4795. https://doi.org/10.3390/ijms11124782

Hung C.-F., Fang C.-L., Al-Suwayeh S.A., Yang S.-Y., Fang J.-Y., 2012. Evaluation of drug and sunscreen permeation via skin irradiated with UVA and UVB: comparisons of normal skin and chronologically aged skin. J. Dermatol. Sci. 68, 135–148. https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2012.09.005

Hwang E., Park S.Y., Lee H.J., Lee T.Y., Sun Z.W., Yi T.H., 2014. Gallic acid regulates skin photoaging in UVB-exposed fibroblast and hairless mice. Phytother. Res. 28(12), 1778–1788. https://doi.org/10.1002/ptr.5198

Igielska-Kalwat J., Gościańska J., Nowak I., 2015. Karotenoidy jako naturalne antyoksydanty. Post. Hig. Med. Dosw. 69, 418–428.

Janjetovic Z., Jarrett S.G., Lee E.F., Duprey C., Reiter, R.J., Slominski A.T., 2017. Melatonin and its metabolites protect human melanocytes against UVB-induced damage: Involvement of NRF2-mediated pathways. Sci. Rep. 7, 1274. https://doi.org/10.1038/s41598-017-01305-2

Janjetovic Z., Nahmias Z.P., Hanna S., Jarrett S.G., Kim T.-K., Reiter R.J., Slominski A.T., 2014. Melatonin and its metabolites ameliorate UVB-induced damages in human epidermal keratinocytes. J. Pineal Res. 57, 90–102. https://doi.org/10.1111/jpi.12146

Jivaramonaikul W., Rashatasakhon P., Wanichwecharungruang S., 2010. UVA absorption and photostability of coumarins. Photochem. Photobiol. Sci. 9(8), 1120–1125.

Julkunen-Tiitto R., Nenadis N., Neugart S., Robson M., Agati G., Vepsäläinen J., Zipoli G., Nybakken L., Winkler B., Jansen M.A.K., 2015. Assessing the response of plant flavonoids to UV radiation: an overview of appropriate techniques. Phytochem. Rev. 14(2), 273–297.

Jurenka J., 2009. Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of *Curcuma longa* a preclinical and clinical research. Altern. Med. Rev. 14, 141−153.

Karthikeyan R., Kanimozhi G., Prasad N.R., Agilan B., Ganesan M., Mohana S., Srithar G., 2016. 7-Hydroxycoumarin prevents UVB-induced activation of NFjB and subsequent overexpression of matrix metalloproteinases and inflammatory markers in human dermal fibroblast cells. J. Photochem. Photobiol. B Biology 161, 170–176. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.04.027

Kasperkiewicz K., Erkiert-Polguj A., Budzisz E., 2016. Sunscreening and photosensitizing properties of coumarins and their derivatives. Lett. Drug Des. Discov. 13(5), 465–474.
Katiyar S.K., 2011. Green tea prevents non-melanoma skin cancer by enhancing DNA repair. Arch. Biochem. Biophys. 508(2), 152–158. https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.11.015
Katiyar S.K., 2016. Dietary proanthocyanidins inhibit UV radiation-induced skin tumor development through functional activation of the immune system. Mol. Nutr. Food Res. 60(6), 1374–1382. https://doi.org/10.1002/mnfr.201501026
Katiyar S.K., Mantena S.K., Meeran S.M., 2011. Silymarin protects epidermal keratinocytes from ultraviolet radiation-induced apoptosis and DNA damage by nucleotide excision repair mechanism. PloS One 6(6), e21410. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021410
Kaur C.D., Saraf S., 2010. In vitro sun protection factor determination of herbal oils used in cosmetics. Pharmacogn. Res. 2, 22–25. https://doi.org/10.4103/0974-8490.60586
Khan A.Q., Travers J.B., Kemp M.G., 2018. Roles of UVA radiation and DNA damage responses in melanoma pathogenesis. Environ. Mol. Mutagen. 59(5), 438–460. https://doi.org/10.1002/em.22176
Khoo H.-E., Prasad K.N., Kong K.-W., Jiang Y., Ismail A., 2011. Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. Molecules 16, 1710–1738. https://doi.org/10.3390/molecules16021710
Kiekow C.J., Figueiró F., Dietrich F., Vechia L.D., Pires E.N.S., Jandrey E.H.F. i in., 2016. Quercetin derivative induces cell death in glioma cells by modulating NF-κB nuclear translocation and caspase-3 activation. Eur. J. Pharm. Sci. 84, 116–122.
Kim E., Hwang K., Lee, J., Han S.Y., Kim E.M., Park J., Cho J.Y., 2018. Skin protective effect of epigallocatechin gallate. International J. Mol. Sci. 19(1), 173. https://doi.org/10.3390/ijms19010173
Kitture R., Ghosh S., More P.A., Date K., Gaware S., Datar S., Chopade B.A., Kale S.N., 2015. Curcumin-loaded, self-assembled aloevera template for superior antioxidant activity and transmembrane drug release. J. Nanosci. Nanotechnol. 15, 4039–4045. https://doi.org/10.1166/jnn.2015.10322
Korać R.R., Khambholja K.M., 2011. Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation. Pharmacogn. Rev. 5(10), 164–73. http://doi.org/10.4103/0973-7847.91114
Korkina L., Kostyuk V., Potapovich A., Mayer W., Talib N., De Luca C., 2018. Secondary plant metabolites for sun protective cosmetics: from pre-selection to product formulation. Cosmetics 5(2), 32. https://doi.org/10.3390/cosmetics5020032
Kowalczyk A., Bodalska A., Miranowicz M., Karłowicz-Bodalska K., 2017. Insights into novel anticancer applications for apigenin. Adv. Clin. Exp. Med. 26(7), 1143–1146. https://doi.org/10.17219/acem/41978
Lee H., Lee J.Y., Song K.C., Kim J., Park J.H., Chun K.-H., 2012. Protective effect of processed panax ginseng, sun ginseng on uvb-irradiated human skin keratinocyte and human dermal fibroblast. J. Ginseng Res. 36, 68–77. https://doi.org/10.5142/jgr.2012.36.1.68
Lee S.C., Tran T.M.T., Choi J.W., Won K., 2019. Lignin for white natural sunscreens. Int. J. Biol. Macromol. 122, 549–554. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.184
Lephart E.D., Andrus M.B., 2017. Human skin gene expression: natural (trans) resveratrol versus five resveratrol analogs for dermal applications. Exp. Biol. Med. 242, 1482–1489. https://doi.org/10.1177/1535370217723628
Li Y., Gu Z., Zhang C., Li S., Zhang L., Zhou G., Wang S., Zhang J., 2018. Synthesis, characterization and ROS-mediated antitumor effects of palladium (II) complexes of curcuminoids. Eur. J. Med. Chem. 144, 662–671. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.12.027
Li K., Zhang M., Chen H., Peng J., Jiang F., Shi X., Bai Y., Jian M., Ja Y., 2019. Anthocyanins from black peanut skin protect against UV-B induced keratinocyte cell and skin oxidative damage through activating Nrf 2 signaling. Food Funct. 10(10), 6815–6828.
Ling L.T., Radhakrishnan A.K., Subramaniam T., Cheng H.M., Palanisamy U.D., 2010. Assessment of antioxidant capacity and cytotoxicity of selected malaysian plants. Molecules 15, 2139–2151. https://doi.org/10.3390/molecules15042139

Liu Y., Chan F., Sun H., Yan J., Fan D., Zhao D., An J., Zhou D., 2011. Resveratrol protects human keratinocytes HaCaT cells from UVA-induced oxidative stress damage by downregulating Keap1 expression. Eur. J. Pharmacol. 650, 130–137. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.10.009

Ma B., Zhu L., Zang X., Chen Y., Li D., Wang Y., 2013. Coptis chinensis inflorescence and its main alkaloids protect against ultraviolet-B-induced oxidative damage. J. Funct. Foods 5(4), 1665–1672. https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.010

Ma M.W., Wang J., Dhandapani K.M., Wang R., Brann D.W., 2018. NADPH oxidases in traumatic brain injury—promising therapeutic targets? Redox. Biol. 16, 285–293. https://doi.org/10.1016/j.redox.2018.03.005

Madhunapantula S.V., 2012. Chemoprevention of melanoma. Adv. Pharmacol. 65, 361–398. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397927-8.00012-9

Mancuso C., Santangelo R., 2014. Ferulic acid: pharmacological and toxicological aspects. Food Chem. Toxicol. 65, 185–195. https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.12.024

Mantena S.K., Katiyar S.K., 2006. Grape seed proanthocyanidins inhibit UV-radiation-induced oxidative stress and activation of MAPK and NF-κB signaling in human epidermal keratinocytes. Free Radic. Biol. Med. 40(9), 1603–1614. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2005.12.032

Mao G.X., Xing W.M., Wen X.L., Jia B.B., Yang Z.X., Wang Y.Z., Jin X.-Q., Wang G.-F., 2015. Salidroside protects against premature senescence induced by ultraviolet B irradiation in human dermal fibroblasts. Int. J. Cosmet. Sci. 37(3), 321–328. https://doi.org/10.1111/ics.12202

Meng X., Li Y., Li S., Zhou Y., Gan R.-Y., Xu D.-P., Li H.-B., 2017. Dietary sources and bioactivities of melatonin. Nutrients 9, 367. https://doi.org/10.3390/nu9040367

Misawa E., Tanaka M., Saito M., Nabeshima K., Yao R., Yamauchi K., Abe F., Yamatoto Y., Furukawa F., 2017. Protective effects of aloe sterols against uvb-induced photoaging in hairless mice. Photodermatol. Photoimmunol. Photomed. 33, 101–111. https://doi.org/10.1111/phpp.12286

Mishra A., Singh R.P., 2018. Cosmeceutical uses of herbs in sunscreens. W: Rastogi R.P. (red.), Sunscreens. Nova Science Publishers, New Delhi, 297–307.

Molins-Delgado D., Muñoz R., Nogueira S., Alonso M.B., Torres J.P., Malm O., Ziolli R.L., Hauser-Davis R.A., Eljarrat E., Barceló D., Díaz-Cruz M.S., 2018. Occurrence of organic UV filters and metabolites in lebranche mullet (*Mugil liza*) from Brazil. Sci. Total Environ. 618, 451–459. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.033

Montenegro L., Santagati L.M., 2019. Use of vegetable oils to improve the sun protection factor of sunscreen formulations. Cosmetics 6(2), 25. https://doi.org/10.3390/cosmetics6020025

Muszyńska B., Mastej M., Sułkowska-Ziaja K., 2016. Biological function of carotenoids and their occurrence in the fruiting bodies of mushrooms. Med. Int. Rev. 107(27), 113–122.

Nam Y.J., Kim A., Sohn D.S., Lee C.S., 2016. Apocynin inhibits Toll-like receptor-4-mediated activation of NF-κB by suppressing the Akt and mTOR pathways. Naunyn Schmiedeberg's Arch. Pharmacol. 389, 1267–1277. https://doi.org/10.1007/s00210-016-1288-5

Napagoda M.T., Malkanthi B.M., Abayawardana S.A.K., Qader M.M., Jayasinghe L., 2016. Photoprotective potential in some medicinal plants used to treat skin diseases in Sri Lanka. BMC Complement. Altern. Med. 16(1), 479. https://doi.org/10.1186/s12906-016-1455-8

Niculae G., Lacatusu I., Badea N., Stan R., Vasile B.S., Meghea A., 2014. Rice bran and raspberry seed oil-based nanocarriers with self-an- tioxidative properties as safe photoprotective formulations. Photochem. Photobiol. Sci. 13(4), 703–716. https://doi.org/10.1039/c3pp50290b

Nishad D.K., Ali R., Jaimini A., Khanna K., Sharma B.G., Mittal G., Kansujiya R.M., Chaurasia O.P., Bhatnagar A., 2018. Evaluation of *Hipphophae rhamnoide* herbal oil for its safety and efficacy in animal models for protection against ultraviolet radiation. J. Herbs Spices Med. Plants 24(2), 109–123. https://doi.org/10.1080/10496475.2017.1410872

Noh E.M., Yi M.S., Youn H.J., Lee B.K., Lee Y.R., Han J.H., Yu H.N., Kim J.S., Jung S.H., 2011. Silibinin enhances ultraviolet B-induced apoptosis in mcf-7 human breast cancer cells. J. Breast Cancer 14(1), 8–13. https://doi.org/10.4048/jbc.2011.14.1.8

Obanla O.R., Ojewumi M.E., Ayoola A.A., Omodara O.J., Falope F.Y., Gbadamosi O.H., 2019. Comparative and experimental study on the properties and potency of synthesized organic and mineral sunscreen moisturizer. Int. J. Mech. Eng. Technol. 10(01), 612–625.

Oh S.J., Kim K., Lim C.J., 2015. Protective properties of ginsenoside Rb1 against UV-B radiation-induced oxidative stress in human dermal keratinocytes. Die Pharmazie – Int. J. Pharm. Sci. 70(6), 381–387. https://doi.org/10.1691/ph.2015.4884

Panahi Y., Khalili N., Sahebi E., Namazi S., Karimian M.S., Majeed M., Sahebkar A., 2017. Antioxidant effects of curcuminoids in patients with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial. Inflammopharmacology 25(1), 25–31. https:doi.org/10.1007/s10787-016-0301-4

Park E., 2017. Data on the effects of anti-cancer drug of resveratrol in breast cancer cells, MDA-MB-231 cells. Data Brief 12, 68–71. https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.03.029

Peres D.D.A., Sarruf F.D., de Oliveira C.A., Velasco M.V.R., Baby A.R., 2018. Ferulic acid photoprotective properties in association with UV filters: Multifunctional sunscreen with improved SPF and UVA-PF. J. Photochem. Photobiol. B: Biology 185, 46–49. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.05.026

Pérez-González A., Galano A., Alvarez-Idaboy J.R., Tan D.X., Reiter R.J., 2017. Radical-trapping and preventive antioxidant effects of 2-hydroxymelatonin and 4-hydroxymelatonin: contributions to the melatonin protection against oxidative stress. Biochim. Biophys. Acta 1861, 2206–2217. https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2017.06.016

Podolec R., Demarsy E., Ulm R., 2021. Perception and signaling of ultraviolet-B radiation in plants. Ann. Rev. Plant Biol. 72, 793-822. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-095946

Pongcharoen S., Warnnissorn P., Leṛtkajornsin O., Limpeanchob N., Sutheerawattananonda M., 2013. Protective effect of silk lutein on ultraviolet B-irradiated human keratinocytes. Biol. Res. 46(1), 39–45. http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602013000100006

Porto D.D., Matsuura H.N., Henriques A.T., Rosa L.M.G., Fett J.P., Fett-Neto A.G., 2020. The alkaloid brachycerine contributes to protection against acute UV-B damage in *Psychotria*. Ind. Crops Prod. 147, 112216. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112216

Prasad R., Singh, T., Katiyar, S.K., 2017. Honokiol inhibits ultraviolet radiation-induced immunosuppression through inhibition of ultraviolet-induced inflammation and DNA hypermethylation in mouse skin. Sci. Rep. 7, 1657. https://doi.org/10.1038/s41598-017-01774-5.

Prasanth B., Soman A., Jobin J., Narayanan P.S., John A.P., 2020. Plants and phytoconstituents having sunscreen activity. World J. Curr. Med. Pharm. Res. 2(1), 14–20. https://doi.org/10.37022/WJCMPR.2020.02019

Priprem A., Limsitthichaikoon S., Sukkhamduang W., Limphirat W., Thapphasaraphong S., Nualkaew N., 2017. Anthocyanin complex improves stability with in vitro localized UVA protective effect. Curr. Bioact. Compd. 13(4), 333–339. https://doi.org/10.2174/1573407212666160916155958

Qian Y., Qiu X.S., Zhu S., 2016. Sunscreen performance of lignin from different technical resources and their general synergistic effect with synthetic sunscreens. ACS Sustain. Chem. Eng. 4, 4029–4035. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00934

Radice M., Manfredini S., Ziosi P., Dissette V., Buso P., Fallacara A., Vertuani S., 2016. Herbal extracts, lichens and biomolecules as natural photo-protection alternatives to synthetic UV filters. A systematic review. Fitoterapia 114, 144–162. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2016.09.003

Ramakrishna A., Ravishankar G.A., 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signal. Behav. 6, 1720–1731. https://doi.org/10.4161/psb.6.11.17613

Ray A., Ghosh S., 2018. Chemometrics for functional group distribution, and UV absorption potential of *Aloe vera* L. Gel at different growth periods. Mat. Today: Proceedings 5(10), 22245–22253. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.590

Ren C., Ji Y.Q., Liu H., Wang Z., Wang J.H., Zhang C.Y., Guan L.N., Yin P.Y., 2019. Effects of *Ginkgo biloba* extract EGb761 on neural differentiation of stem cells offer new hope for neurological disease treatment. Neural Regen. Res. 14(7), 1152–1157. https://dx.doi.org/10.4103%2F1673-5374.251191

Righini S., Rodriguez E.J., Berosich C., Grotewold E., Casati P., Falcone Ferreyra M.L., 2019. Apigenin produced by maize flavone synthase I and II protects plants against UV-B-induced damage. Plant Cell Environ. 42(2), 495–508. https://doi.org/10.1111/pce.13428

Riswanto F.D.O., Rohman A., Pramono S., Martono S., 2021. The employment of UV-Vis spectroscopy and chemometrics techniques for analyzing the combination of genistein and curcumin. J. Appl. Pharm. Sci. 11(03), 154–161. https://dx.doi.org/10.7324/JAPS.2021.110318

Rodrigues D., Viotto A.C., Checchia R., Gomide A., Severino D., Itri R., Baptista M.S., Martins W.K., 2016. Mechanism of aloe vera extract protection against uva: shelter of lysosomal membrane avoids photodamage. Photochem. Photobiol. Sci. 15, 334–350. https://doi.org/10.1039/C5PP00409H

Sadeghifar H., Ragauskas A., 2020. Lignin as a UV light blocker—a review. Polymers 12(5), 1134. https://doi.org/10.3390/polym12051134

Saewan N., Jimtaisong A., 2015. Natural products as photoprotection. J. Cosmet. Dermatol. 14, 47–63. https://doi.org/10.1111/jocd. 12123

Sánchez M., González-Burgos E., Iglesias I., Gómez-Serranillos M.P., 2020. Pharmacological update properties of *Aloe vera* and its major active constituents. Molecules 25(6), 1324. https://doi.org/10.3390/molecules25061324

Sauce R., de Oliveira Pinto C.A.S., Velasco M.V.R., Rosado C., Baby A.R., 2021. Ex vivo penetration analysis and anti-inflammatory efficacy of the association of ferulic acid and UV filters. Eur. J. Pharm. Sci. 156, 105578. https://doi.org/10.1016/j.ejps.2020.105578

Scalia S., Marchetti N., Bianchi A., 2013. Comparative evaluation of different coantioxidants on the photochemical- and functional-stability of epigallocatechin-3-gallate in topical creams exposed to simulated sunlight. Molecules 18, 574–587. https://doi.org/10.3390/molecules18010574

Seo M.-J., Lee Y.-J., Hwang J.-H., Kim K.-J., Lee B.-Y., 2015. The inhibitory effects of quercetin on obesity and obesity-induced inflammation by regulation of MAPK signaling. J. Nutr. Biochem. 26, 1308–1316. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.06.005

Seok J.K., Kwak J.Y., Choi G.W., An S.M., Kwak J.H., Seo H.H., Suh H.J., Boo Y.C., 2016. *Scutellaria radix* extract as a natural UV protectant for human skin. Phytother. Res. 30(3), 374–379. https://doi.org/10.1002/ptr.5534

Sharma A., Goyal R., Sharma L., 2016. Potential biological efficacy of *Pinus* plant species against oxidative, inflammatory and microbial disorders. BMC Complement. Altern. Med. 16, 35. https://doi.org/10.1186/s12906-016-1011-6

Shi M., Nie Y., Zheng X.Q., Lu J.L., Liang Y.R., Ye J.H., 2016. Ultraviolet B (UVB) photosensitivities of tea catechins and the relevant chemical conversions. Molecules 21(10), 1345. https://doi.org/10.3390/molecules21101345

Shokrpour M., Mohammadi S.A., Moghaddam M., Ziai S.A., Javanshir A., 2007. Variation in flavonolignan concentration of milk thistle (*Silybum marianum*) fruits grown in Iran. J. Herbs Spices Med. Plants 13(4), 1–15. https://doi.org/10.1080/10496470801946034

Sierra A.F., Ramírez M.L.G., Campmany A.C.C., Martínez A.R., Naveros B.C., 2013. *In vivo* and *in vitro* evaluation of the use of a newly developed melatonin loaded emulsion combined with UV filters as a protective agent against skin irradiation. J. Dermatol. Sci. 69, 202–214. https://doi.org.10.1016/j.jdermsci.2012.10.013

Sime S., Reeve V.E., 2004. Protection from inflammation, immunosuppression and carcinogenesis induced by UV radiation in mice by topical Pycnogenol®. Photochem. Photobiol. 79(2), 193–198. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2004.tb00009.x

Sirerol J.A., Feddi F., Mena S., Rodriguez M.L., Sirera P., Aupí M., Pérez S., Asensi M., Ortega A., Estrela J.M., 2015. Topical treatment with pterostilbene, a natural phytoalexin, effectively protects hairless mice against UVB radiation-induced skin damage and carcinogenesis. Free Radic. Biol. Med. 85, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.03.027

Sisto M., Lisi S., D'Amore M., De Lucro R., Carati D., Castellana D. i in., 2012. Saponins from *Tribulus terrestris* L. protect human keratinocytes from UVB-induced damage. J. Photochem. Photobiol. B: Biology 117, 193–201. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.10.002

Sneha P., Bharti F., Urvashi Z., Bhaskar V.H., 2015. Determination of sun protection effect of herbal sunscreen cream. World J. Pharm. Pharmac. Sci. 4(8), 1554–1565.

Sobiepanek A., Milner-Krawczyk M., Bobecka-Wesołowska K., Kobiela T., 2016. The effect of delphinidin on the mechanical properties of keratinocytes exposed to UVB radiation. J. Photochem. Photobiol. B Biology 164, 264–270. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.09.038

Song L., Ma L., Cong F., Shen X., Jing P., Ying X., Zhou H., Jiang J., Fu Y., Yan H., 2015. Radioprotective effects of genistein on HL-7702 cells via the inhibition of apoptosis and DNA damage. Cancer Lett. 366(1), 100–111. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2015.06.008

Sui X., Han X., Chen P., Wu Q., Feng J., Duan T., Chen X., Pan T., Yan L., Jin T., Xiang Y., Gao Q., Wen C., Ma W., Liu W., Zhang R., Chen B., Zhang M., Yang Z., Kong N., Xie T., Ding X., 2020. Baicalin induces apoptosis and suppresses the cell cycle progression of lung cancer cells through downregulating Akt/mTOR signaling pathway. Front. Mol. Biosci. 7, 602282. https://doi.org/10.3389/fmolb.2020.602282

Sultana Y., Kohli K., Athar M., Khar R.K., Aqil M., 2007. Effect of pre- -treatment of almond oil on ultraviolet B-induced cutaneous photoaging in mice. J. Cosmet. Dermatol. 6(1), 14–19. https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2007.00293.x

Sushma M., Ratnamala K.V., 2019. A review on benefits of herbal ingredients used in sunscreen. Am. J. PharmTech Res. 9(06), 77–88. https://doi.org/10.46624/ajptr.2019.v9.i6.005

Svobodová A.R., Gabrielová E., Michaelides L., Kosina P., Ryšavá A., Ulrichová J., Zálešák B., Vostálová J., 2018. UVA-photoprotective potential of silymarin and silybin. Arch. Dermatol. Res. 310(5), 413–424. https://doi.org/10.1007/s00403-018-1828-6

Teiten M.H., Gaascht F., Cronauer M., Henry E., Dicato M., Diederich M., 2011. Antiproliferative potential of curcumin in androgen-dependent prostate cancer cells occurs through modulation of the Wingless signaling pathway. Int. J. Oncol. 38, 603−611. https://doi.org/10.3892/ijo.2011.905

Terra V.A., Souza-Neto F.P., Frade M.A.C., Ramalho L.N.Z., Andrade T.A.M., Pasta A.A.C., Conchon A.C., Guedes F.A., Luiz R.C., Cecchini R., Cecchini A.L., 2015. Genistein prevents ultraviolet B radiation-induced nitrosative skin injury and promotes cell proliferation. J. Photochem. Photobiol. B Biology 144, 20–27. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol

Vaid M., Sharma S.D., Katiyar S.K., 2010. Honokiol, a phytochemical from th*e Magnolia* plant, inhibits photocarcinogenesis by targeting UVB-induced inflammatory mediators and cell cycle regulators: development of topical formulation. Carcinogenesis 31, 2004–2011. https://doi.org/10.1093/carcin/bgq186

Wang L., Ryu B., Kim W.S., Kim G.H., Jeon Y.J., 2017a. Protective effect of gallic acid derivatives from the freshwater green alga *Spirogyra* sp. against ultraviolet B-induced apoptosis through reactive oxygen species clearance in human keratinocytes and zebrafish. Algae 32(4), 379–388. https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.11.29

Wang W., Zhang L., Chen T., Guo W., Bao X., Wang D., Ren B., Wang H., Li Y.,Yueyue Wang Y., Chen S., Tang B. 4, Yang Q., Chen C., 2017b. Anticancer effects of resveratrol-loaded solid lipid nanoparticles on human breast cancer cells. Molecules 22(11), 1814. https://doi.org/10.3390/molecules22111814

Wang S.Q., Osterwalder U., Jung K., 2011. *Ex vivo* evaluation of radical sun protection factor in popular sunscreens with antioxidants. J. Am. Acad. Dermatol. 65, 525–530. https://doi.org/10.1016/j.jaad.2010.07.009

Widyarini S., Spinks N., Husband A.J., Reeve V.E., 2001. Isoflavonoid compounds from red clover (*Trifolium pratense*) protect from inflammation and immune suppression induced by uv radiation. Photochem. Photobiol. 74(3), 465–470. https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)0740465ICFRCT2.0.CO2

Wilczyński S., Wiewióra M., Deda A., Zdybel M., 2010. Porównanie właściwości antyoksydacyjnych metodą EPR wybranych olei roślinnych stosowanych w kosmetologii. Pol. J. Cosmetol. 13, 139–146.

Wolosik K., Zareba I., Surazynski A., Markowska A., 2017. The possible pre-and post-UVA radiation protective effect of amaranth oil on human skin fibroblast cells. Pharmacogn. Mag. 13 (Suppl. 2), S339–S343. https://dx.doi.org/10.4103%2Fpm.pm_522_15

Wu Y., Zheng X., Xu X.G., Li Y.H., Wang B., Gao X.H. Chen H.D., Yatskayer M., Oresajo C., 2013. Protective effects of a topical antioxidant complex containing vitamins C and E and ferulic acid against ultraviolet irradiation-induced photodamage in Chinese women. J. Drugs Dermatol. 12(4), 464–468.

Yuan X.Y., Pang X.W., Zhang G.Q., Guo J.Y., 2016. Salidroside's protection against UVB-mediated oxidative damage and apoptosis is associated with the upregulation of Nrf2 expression. Photomed. Laser Surg. 35(1), 49–56. https://doi.org/10.1089/pho.2016.4151

Yang L., Xian D., Xiong X., Lai R., Song J., Zhong J., 2018. Proanthocyanidins against oxidative stress: from molecular mechanisms to clinical applications. BioMed Res. Int. 2018, 8584136, 11 pages. https://doi.org/10.1155/2018/8584136

Zhan T., Zhang L., Cui S., Liu W., Zhou R., Zhuang S., 2021. Dioxybenzone triggers enhanced estrogenic effect via metabolic activation: in silico, *in vitro* and *in vivo* investigation. Environ. Pollut. 268, 115766. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115766

Zhang W., Yang Y., Lv T., Fan Z., Xu Y., Yin J. i in., 2016. Sucrose esters improve the colloidal stability of nanoethosomal suspensions of (−)-epigallocatechin gallate for enhancing the effectiveness against UVB-induced skin damage. J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater. 105, 2416–2425. https://doi.org/10.1002/jbm.b.33785

Zhao B., Wang L., Pang S., Jia Z., Wang L., Li W., Jin B., 2020. UV-B promotes flavonoid synthesis in *Ginkgo biloba* leaves. Ind. Crops Prod. 151, 112483. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112483

Zhou Y., Yang Z.Y., Tang R.C., 2016. Bioactive and UV protective silk materials containing baicalin—the multifunctional plant extract from *Scutellaria baicalensis* Georgi. Mater. Sci. Eng. C 67(1), 336–344. https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.05.063

Zhu X., Zeng X., Zhang X., Cao W., Wang Y., Chen H., Weng T., Tsai H., Zhang R., Chang D., He S., Mei L., Shi X., 2016. The effects of quercetin-loaded PLGA-TPGS nanoparticles on ultraviolet B-induced skin damages *in vivo*. Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med. 12, 623–632. https://doi.org/10.1016/j.nano.2015.10.016

Streszczenie. Promieniowanie ultrafioletowe jest przyczyną fotostarzenia i nowotworów skóry oraz uszkodzeń DNA i szeregu zmian komórkowych. Zwiększa ilość reaktywnych form tlenu, które mogą powodować stany zapalne, modyfikować ekspresję genów w odpowiedzi na stres i osłabiać immunologiczną odpowiedź skóry. Rośliny produkują wiele substancji biologicznie aktywnych, które mogą być wykorzystywane w strategiach obronnych przed promieniowaniem UV w produktach przeciwsłonecznych i innych kosmetykach. Potencjalne działanie fotoochronne wykazują np. flawonoidy, kwasy fenolowe, antocyjany, karotenoidy, triterpenoidy czy saponiny. Substancje te, oprócz ochrony przed UV, często posiadają także właściwości przeciwzapalne i antyoksydacyjne. W ostatnim czasie roślinne metabolity wtórne o właściwościach fotoprotekcyjnych zyskują na znaczeniu, gdyż w porównaniu z filtrami syntetycznymi cechują się większym bezpieczeństwem stosowania i łatwą dostępnością. Mechanizm działania tych związków

obejmuje stymulację odpowiedzi przeciwzapalnej i immunologicznej, detoksykację, modulacyjne działanie antyoksydantów oraz zmianę ekspresji genów. W różnych doniesieniach oceniano promieniochronne właściwości wielu substancji aktywnych, a także korelację tych związków z aktywnością przeciwutleniającą. Poniższa praca przedstawia przegląd substancji roślinnych, które są szczególnie interesujące dla przemysłu kosmetycznego do stosowania w środkach przeciwsłonecznych.

Słowa kluczowe: promieniowanie ultrafioletowe, metabolity wtórne, fotoprotekcja, antyoksydanty

Wykorzystanie borowiny w kosmetologii, odnowie biologicznej i rehabilitacji

Tomasz Mieczan[1✉], Adam Bownik[1], Magdalena Toporowska[1], Anna Kaczorowska[1], Andrzej Demetraki-Paleolog[1]

Borowina – geneza i rodzaje

Torfowiska jako zbiorniki akumulacji biogenicznej nie tylko odznaczają się wybitnymi walorami przyrodniczymi, ale również pełnią istotną rolę w różnych gałęziach gospodarki [Bragazza i in. 2012]. Szczególną rolę odgrywają osady torfowiskowe, które wykorzystywane mogą być m.in. w przemyśle kosmetycznym, rehabilitacji czy odnowie biologicznej. Torfy to osady biogeniczne powstałe z częściowo rozłożonych szczątków roślin torfotwórczych na skutek procesu torfienia. Zachodzi on w warunkach niewielkiego dostępu tlenu oraz przy odpowiednich warunkach hydrologicznych [Skreczko i Trepka 2016]. Masa torfowa obejmuje zarówno części organiczne (głównie tkanki roślinne), jak i składniki mineralne. Aktywny zbiornik torfotwórczy składa się z akrotelmu oraz katotelmu.

Akrotelm to żywy element ekosystemu torfowiskowego, jest bardzo cienki, ale przykrywa powierzchnię torfowiska bardzo szczelnie. Składa się z żywych roślin, ich obumarłych szczątków (dolne części), które tworzą górną warstwę akrotelmu. Miąższość tej warstwy wynosi od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Odpowiedzialna jest za utrzymanie ciągłości procesu torfotwórczego, dochodzącego do skutku wyłącznie w akrotelmie, izoluje od zewnętrznych wpływów wcześniej nagromadzone złoża torfowe, jest biotopem dla wielu wyspecjalizowanych zwierząt i mikroorganizmów roślinnych i grzybowych. Akrotelm posiada duże zdolności pochłaniania wody, ale nie musi być stale nasycony wodą, poprzez różnorodnie uformowaną mikrostrukturę uzyskał szeroką skalę adaptacji, na torfowiskach przejściowych i wysokich istnieje zaś kilkanaście mikrosiedlisk, przeważnie rozmieszczonych w sposób mozaikowaty. Są to miejsca o różnym uwilgotnieniu, wypukłe ponad poziom wody (od dość suchych szczy-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
✉ tomasz.mieczan@up.lublin.pl

towych części kęp, nieco ich wilgotniejszych zboczy, po płaskie mszarne dywany i pła torfowcowe, aż do form wklęsłych z wodą).

Katotelm natomiast jest martwą częścią torfowiska, magazynującą produkty powstałe poprzez aktywność warstwy akrotelmu. Posiada stałą (lub ulegającą tylko minimalnym zmianom) pojemność wodną, przez to występuje bardzo nieznaczna wymiana wód z wodami podłoża mineralnego i niewielki przepływ wody), jest niedostępny dla atmosferycznego tlenu, występuje tutaj całkowity brak aerobowych mikroorganizmów i tylko nieliczne beztlenowce, a stan nasycenia wody w katotelmie jest regulowany przez właściwości akrotelmu [Wardle i in. 2012]. Przemiany gromadzącej się w torfowisku materii organicznej zależą przede wszystkim od aktywności mikroorganizmów, zmian hydrologicznych oraz lokalnych właściwości fizyczno-chemicznych środowiska [Mieczan i Pawlik-Skowrońska 2018].

Wyróżnia się dwa procesy wpływające na skład oraz właściwości torfu. Pierwszym jest humifikacja, w której zachodzi rozkład połączony z wytworzeniem związków humusowych charakterystycznych dla pokładu torfu. Drugim jest natomiast mineralizacja, która polega na rozkładzie substancji organicznej z wytworzeniem związków mineralnych (dwutlenku węgla, amoniaku, jonów fosforanowych czy siarczanowych). Jednym z najbardziej popularnych osadów torfowiskowych jest borowina. Ma silne właściwości adsorpcyjne w stosunku do skóry i tkanki podskórnej, dzięki czemu prowadzi do jej oczyszczenia. Borowina stosowana jest w gabinetach kosmetycznych i gabinetach odnowy biologicznej [Kucharski i Szymak 2012].

Polskie złoża borowiny możemy podzielić na trzy podstawowe typy: niskie, wysokie i przejściowe. Złoża niskie powstały na skutek rozkładu roślin wodnych i łąkowych przy dużym dostępie wód gruntowych oraz powierzchniowych. Złoża te są silnie zmineralizowane i stanowią najwyższy odsetek złóż borowinowych w Polsce. Ich odczyn jest najczęściej obojętny lub zasadowy. Złoża wysokie powstały głównie poprzez rozkład mchów przy jednocześnie ograniczonym dostępie do wody, ze złóż tych pochodzi wysokogatunkowa borowina o pH kwaśnym (najczęściej pH = 3–5). Złoża przejściowe natomiast mają odczyn lekko kwaśny i wykazują właściwości pośrednie pomiędzy borowiną typu niskiego a wysokiego [Skreczko i Trepka 2016].

Wykorzystanie borowiny do pielęgnacji skóry

Borowina to naturalny materiał występujący w przyrodzie, składający się z substancji mineralnych, organicznych lub mieszanych, który powstał w wyni-

ku naturalnych procesów geologicznych i procesów biologicznych zachodzących w szczególnych warunkach w obumarłych roślinach. Borowina należy do grupy peloidów, czyli osadów podwodnych powstałych w wyniku działania procesów geologicznych z udziałem wody i mikroorganizmów [Górska i Pijanowska 2014]. Często nazywana jest „czarnym złotem" i jest drugim, po wodach mineralnych, naturalnym bogactwem Polski [Piejko 2017]. Powstaje w wyniku humifikacji (proces torfienia) obumarłej roślinności torfowiskowej takiej jak: mchy, paprotniki, rośliny nasienne, która w środowisku wilgotnym jest przetwarzana przez bakterie beztlenowe i tlenowe [Kłapeć i in. 2013]. Warto dodać, że słynny polski botanik i wybitny znawca torfowisk prof. Stanisław Tołpa wynalazł i opatentował torf turzycowo-drzewny, nazywając go borowiną Tołpa. Torf ten występował w postaci odbalastowanego wyciągu wodnego, który nie obciążał organizmu, wzmacniał odporność, przyspieszał regenerację i poprawiał kondycję skóry. Dodatkowo łatwo się zmywał i nie pozostawiał osadów. Ekstrakt ten stał się podstawowym składnikiem linii kosmetycznych i produktów leczniczych firmowanych jego nazwiskiem [Piejko 2017].

Borowina zawdzięcza swoje właściwości prozdrowotne następującym czynnikom: zawartości substancji organicznych i nieorganicznych, stopniu humifikacji, stopniu uwodnienia, kwasowości, zdolności sorpcyjnej oraz zdolności do magazynowania ciepła. Główną substancję czynną w borowinie stanowią związki humusowe o charakterze koloidów, przede wszystkim kwasy huminowe, które posiadają właściwości przeciwzapalne, bakteriostatyczne, przeciwwirusowe i antyoksydacyjne (tab. 1) [Drobnik i Latour 2011a, 2011b]. Kwasy te są inhibitorami enzymu zwanego hialuronidazą, przez co chronią przed degradacją kwasu hialuronowego obecnego w skórze. Odpowiedzialne są także za pobudzanie funkcji granulocytów, wiązanie oligosacharydów na powierzchni komórek, pobudzanie mięśni gładkich, rozszerzanie naczyń krwionośnych oraz hamowanie syntezy prostaglandyn. Posiadają także zdolności chelatowania metali, dzięki czemu uczestniczą w procesach detoksykacji, ułatwiając usuwanie toksyn z organizmu [Wollina 2009].

Tabela 1. Charakterystyka kwasów huminowych

Kwas	Barwa	Rozpuszczalność			
		w wodzie	w zasadach	w kwasach	w alkoholu
Humusowy	czarno-brunatna z odcieniem czerwonym	–	+	*	*
Hymatomelanowy	brunatna z odcieniem żółtym	–	+	*	*
Fulwonowy	żółta	+	+	+	+

* nierozpuszczalny, – trudno rozpuszczalny, + dobrze rozpuszczalny.
Oprac. na podst.: Ponikowska 2021.

Oprócz kwasów humusowych borowina zawiera również: białka, węglowodany, pektyny, żywice, celulozę, ligninę, mikro- i makroelementy, krzemionkę, bituminy, niewielkie ilości substancji o charakterze hormonalnym oraz związki fenolowe o silnym działaniu regenerującym, ochronnym i antyoksydacyjnym. Składnikami nieorganicznymi w borowinie są biopierwiastki, m.in.: związki siarki, magnezu, potasu, glinu, żelaza, wapnia, sodu i krzemu. Szczególnie stymulująco na skórę, przede wszystkim na skórę alergiczną, wpływają aminokwasy, fulwokwasy i fenolokwasy [Ponikowska 1995]. Mają też działanie antyoksydacyjne, neutralizują działanie wolnych rodników, przeciwdziałając tym samym powstawaniu zmarszczek. Z kolei bituminy i związki o charakterze estrogenowym, wykazują działanie pobudzające i regenerujące, stymulują procesy odnowy komórek i aktywizują syntezę kalogenu i elastyny. W efekcie wzmacniają struktury skóry oraz chronią przed starzeniem się – spadkiem elastyczności, przesuszaniem, skłonnościami do podrażnień. Borowina w naturalnej postaci jest niezbyt często wykorzystywana w kosmetologii [Piejko 2017]. Do zabiegów kosmetologicznych wykorzystywana jest borowina specjalnie do tego celu przygotowana – odpowiednio oczyszczona i przetworzona.

Obecnie wiele firm branży kosmetycznej zajmuje się produkcją preparatów borowinowych w postaci m.in.: toników, płynów, maści, żeli, kremów czy emulsji zawierających wyodrębnione z borowiny związki aktywne wzbogacane ekstraktami roślinnymi (np. ekstraktem z kawy z kofeiną, wyciągiem z mięty pieprzowej, olejkiem sosnowym). Borowina posiada także silne właściwości termiczne, czyli zdolność do zatrzymywania ciepła. Właściwość ta wynika z małego przewodnictwa cieplnego oraz dużej pojemności cieplnej. To specyficzne oddawanie ciepła powoduje, że reakcja naczyniowa skóry jest dużo mniejsza i wolniejsza. Dzięki temu dochodzi do silnego rozszerzenia naczyń krwionośnych nie tylko skóry, ale i tkanek położonych głębiej, następuje poprawa ich ukrwienia i odżywienia. Chłonność wody, zdolności sedymentacyjne i właściwości sorpcyjno-wymiennikowe decydują o korzystnym wpływie borowiny na mięśnie, strukturę włosa i powierzchnię skóry, działanie mechaniczne – bodźcowe – borowiny polegające na nacisku maseczki borowinowej na skórę powoduje odpływ krwi żylnej i chłonki oraz miejscowy drenaż tkanki [Kasprzak i Mańkowska 2008].

Reasumując, borowina spełniać może wiele istotnych funkcji w zabiegach kosmetycznych:

– zapobiega powstawaniu i zmniejsza już istniejące rozstępy;
– silnie odżywia, ujędrnia i regeneruje skórę, przywraca jej sprężystość i spoistość;
– działa relaksacyjnie i odprężająco;

– usuwa objawy napięcia i zmęczenia skóry;
– usuwa nadmiar toksyn z organizmu;
– działa wyszczuplająco;
– działa przeciwzapalnie, ściągająco, bakteriostatycznie i bakteriobójczo, co przyspiesza regenerację skóry;
– łagodzi podrażnienia;
– pobudza odnowę kalogenu i elastyny odpowiadających za jędrność i elastyczność skóry.

Zabiegi borowinowe w kosmetologii

Borowina wykorzystywana jest w ośrodkach SPA oraz w gabinetach kosmetycznych, szczególnie w zabiegach poprawiających jakość i wygląd skóry (tab. 2). W zabiegach na twarz borowinę można aplikować w postaci gotowych kremów, maseczek lub też wykonując jonoforezę (w tym przypadku wykorzystywana jest wysokogatunkowa pasta borowinowa) [Górska i Pijanowska 2014]. Pastę o grubości 2–3 cm aplikuje się na podkład pod katodę (elektrodę ujemną), natomiast anodę zakłada się na przeciwległym miejscu ciała. Czas zabiegu wynosi ok. 30 min., zabieg przeprowadza się przez okres 3–4 tygodni, po 3–4 zabiegi w tygodniu. Zastosowanie prądu powoduje, że aktywne składniki borowiny są dokładnie wprowadzane w głąb skóry [Piejko 2017]. Zabiegi borowinowe na ciało stanowią podstawę działań antycellulitowych oraz ujędrniających. Borowina usprawnia także pracę komórek tłuszczowych i enzymów lipolitycznych, a obfitość soli mineralnych korzystnie wpływa na skórę. Borowina na twarzy sprawia, że skóra wchłania cenne substancje zawarte w torfie. Przed nałożeniem maseczki preparat borowinowy należy podgrzać, wówczas substancje w niej zawarte mogą głębiej przeniknąć do skóry [Piejko 2017]. W zależności od potrzeb maseczki z borowiny można przykładać również na inne części ciała. Jednak w odróżnieniu od typowych okładów takie maseczki powinny być cieńsze. Borowina, czy to na twarzy, czy na innej części ciała, sprawia, że skóra odzyskuje swój naturalny kolor. W zabiegach na ciało polecana jest borowina w postaci masek, okładów, zawijań tradycyjnych lub pod postacią tzw. body wrappingu. Ten ostatni zabieg polega na smarowaniu ciała papką borowinową, a następnie owijaniu folią. Ciało smaruje się kilkucentymetrową warstwą nagrzaną do około 40°C. Taki okład na ciele pozostaje przez około 30 minut. Zabieg borowinowy tego typu pozwala na wydostanie się toksyn wraz z potem, a oczyszczona w ten sposób skóra skuteczniej przyjmuje zawarte w borowinie dobroczynne składniki. Jeśli chce się osiągnąć efekt odchudzający, konieczna

jest seria zabiegów. Popularne jest także stosowanie maści z borowiny. Preparat, dzięki obecności wazeliny, parafiny i etylu parahydrobenzoesanu, łatwo rozprowadza się po skórze. Zawiera także wiele mikroelementów oraz kwasy organiczne, które przyspieszają proces regeneracji tkanek. Maść z borowiny sprawia również, że obrzęki i nacieki zapalne goją się szybciej [Piejko 2017].

Popularnym zabiegiem kosmetycznym z wykorzystaniem borowiny jest kąpiel borowinowa. Dzięki niej tkanki się przegrzewają, co sprawia, że są później lepiej odżywione i dotlenione. Taka kąpiel sprawia, że mięśnie stają się rozluźnione – wówczas zmniejsza się także ból i napięcie mięśni. Zabieg taki należy przeprowadzić kilka godzin po zakończeniu aktywności fizycznej. W kosmetologii istotne zastosowanie mają także szampony borowinowe – specjalistyczne kosmetyki przeznaczone do skóry wymagającej. Ich stosowanie zaleca się zarówno osobom z normalną, jak i przetłuszczającą się skórą głowy.

Borowina, dzięki właściwościom antyseptycznym i łagodzącym, świetnie sprawdza się jako jeden ze składników szamponu. Dzięki niej włosy odzyskują połysk a naskórek staje się nawilżony. Zaletą stosowania kosmetyków z borowiną na włosy są zawarte w nich witaminy: A, E, F i kwas hialuronowy – sprawiają one, że włos jest lepiej nawilżony. Zaleca się, żeby z szamponu z borowiną korzystać co trzecie mycie włosów.

W zabiegach z zakresu kosmetologii istotne znaczenie mają także plastry borowinowe, redukują one zmarszczki i cellulit [Cieciuch 2021]. Dzięki plastrom można kształtować sylwetkę, co sprawia, że są jednocześnie lekarstwem oraz naturalnym kosmetykiem. Przed zabiegiem z użyciem plastrów należy podgrzać borowinę do temperatury około 45°C i nałożyć na skórę. Następnie dany obszar owijany jest folią, ręcznikiem i kocem – dodatkowe warstwy sprawią, że torf nie utraci temperatury. Po 30 min. plaster z borowiny należy zdjąć, natomiast żeby zabieg przyniósł dobry rezultat warto powtórzyć okład od 2 do 4 razy w tygodniu. Plaster borowinowy można wykorzystać również do wykonania zimnego okładu. Wcześniej należy włożyć go do lodówki na ok. godzinę, następnie owinąć w ręcznik i przyłożyć do wybranego obszaru ciała. Zimne okłady borowinowe są szczególnie pomocne podczas leczenia wylewów podskórnych [Cieciuch 2021].

Tabela 2. Wskazania i przeciwskazania do zabiegów borowinowych w kosmetologii

Wskazania do zabiegów z wykorzystaniem borowiny	Przeciwskazania do zabiegów z wykorzystaniem borowiny
– cellulit – rozstępy – zwiotczenie skóry – cera tłusta, mieszana – starzenie się skóry – poszarzała cera	– czynna gruźlica płuc – nowotwory – niewydolność krążeniowa i oddechowa – wady serca – nadczynność tarczycy – stany pozawałowe – nadciśnienie tętnicze – niskie ciśnienie – miażdżyca – choroba wrzodowa – świeże złamania i urazy – stan znacznego osłabienia i wycieńczenia – ciąża – zespół Sudecka – czynne przetoki i odleżyny – zaburzenia czucia – zakrzepowe zapalenie żył – cukrzyca – endometrioza – ostre i podostre choroby kobiece – podwyższona temperatura ciała bez względu na przyczynę – nie zaleca się borowiny dzieciom i nastolatkom

Oprac na podst.: Piejko 2017, Cieciuch 2021.

Zabiegi borowinowe w odnowie biologicznej i rehabilitacji

Borowiny wykorzystywane w lecznictwie pochodzą z torfowisk nieodwodnionych o wysokim stopniu humifikacji, wyższym niż H3, czyli o słabym stopniu rozłożenia. Złoża wykorzystywane do zabiegów zawierają więcej niż 75% substancji organicznych oraz mają właściwości fizyczno-chemiczne i mikrobiologiczne odpowiednie dla surowców leczniczych [Górska i Pijanowska 2014]. Uzdrowiska, w których wykorzystuje się borowinę do celów leczniczych to m.in.: Horyniec Zdrój, Ustroń, Połczyn Zdrój, Kamień Pomorski czy Świnoujście. Ze względu na dużą aktywność składników biologicznie czynnych jednymi z najcenniejszych złóż borowiny w Europie są położone na terenie Polski tzw. złoża połczyńskie. Zasoby borowiny odkryto na terenie gminy Połczyn już w XVII w. Według legendy cudowne właściwości miejscowych surowców naturalnych zostały odkryte przypadkowo przez cierpiącego na reumatyzm sukienni-

ka, który po obmyciu nogi w wodzie z miejscowego źródła oraz włożeniu jej w borowinę już na drugi dzień miał całkowicie pozbyć się uciążliwych dolegliwości. Złoża połczyńskiej borowiny składają się z trzech warstw, z których najcenniejsza jest warstwa górna, czyli torf typu wysokiego. Torf ten posiada najlepsze parametry i jest najbardziej odpowiedni do wykonywania zabiegów leczniczych. Połczyńska borowina charakteryzuje się wysoką pojemnością cieplną przy jednoczesnym niskim przewodnictwie, dzięki czemu doskonale utrzymuje ciepło i nie powoduje oparzeń. Zabiegi z użyciem tej borowiny są stosowane w szczególności w leczeniu chorób układu ruchu i chorób kobiecych, rzadziej w chorobach układu moczowego i układu trawienia (tab. 3) [Kwolek 2012].

Tabela 3. Wskazania i przeciwskazania do stosowania w wybranych jednostkach chorobowych

Wskazania do zabiegów z wykorzystaniem borowiny	Przeciwskazania do zabiegów z wykorzystaniem borowiny
– zwyrodnienia stawów i chrząstek stawowych, gościec pozastawowy, choroba Bechterewa – stany po urazach kości i stawów, przewlekłe zapalenia kości, stany pourazowe tkanek miękkich, zespoły bólowe dolnego odcinka kręgosłupa – porażenia i niedowłady spastyczne, rwa kulszowa, uszkodzenia nerwów obwodowych – choroby wątroby i dróg żółciowych – stany zapalne przydatków, pochwy i szyjki macicy, niedoczynność hormonalna jajników, nacieki pooperacyjne	– niewydolność oddechowa – nowotwory – ciąża, krwawienia z dróg rodnych – nadczynność tarczycy – stany pozawałowe i wady serca – stany po świeżych urazach – stan znacznego osłabienia i wycieńczenia – zaawansowana miażdżyca naczyń

Oprac. na podst.: Sobolewska i in. 2007

Zawarte w borowinie składniki wpływają korzystnie na różne struktury stawów, szczególnie na ilość i jakość mazi stawowej, działają adsorpcyjnie w stosunku do skóry i tkanki podskórnej, prowadząc do ich oczyszczenia. Zabiegi borowinowe znajdują zastosowanie w chorobie zwyrodnieniowej kręgosłupa i stawów, w stanach pourazowych narządu ruchu, przykurczach stawów, chorobach reumatycznych, neuralgiach. Z kolei działanie hormonalne borowiny polega na pobudzaniu sekrecji (wydzielania) hormonów jajnikowych, nadnerczowych i przysadkowych oraz bezpośrednim działaniu ciał estrogennych występujących w borowinie we frakcji bituminowej [Ponikowska 2012]. W odnowie biologicznej i rehabilitacji stosowane są m.in.:

– **borowinowe kąpiele wannowe** – kąpiel zawiesinowa w temperaturze ok. 40–42°C. Stosuje się w niej mieszaninę masy borowinowej i wody w stosunku 1 : 3 lub 1 : 5. Czas trwania zabiegu: 10–20 min. Ilość zabiegów wg wskazań lekarza;

– **okłady borowinowe – smarowania** – masę z opakowania chłodną lub podgrzaną należy nakładać równomiernie na powierzchnię ciała warstwą grubości ok. 2 cm bez zawijania. Czas trwania zabiegu: ok. 20 min;

– **okłady borowinowe – owijania** – podgrzaną masę należy rozprowadzić równomiernie cienką warstwą ok. 1 cm na chorą część ciała, zawinąć płótnem, kolejno folią i kocem lub ręcznikiem. Czas trwania zabiegu: ok. 20 min. Zabiegi powinno się stosować codziennie przez 2 tygodnie;

– **kuracja pitna z wysokogatunkowej borowiny –** zabieg polega na rozcieńczeniu borowiny z wodą destylowaną, następnie filtracji, po czym tak przygotowana borowina jest dawkowana do spożycia doustnego;

– **jonoforeza borowinowa** – na pole zabiegowe nakładana jest borowina o grubości 2–3 cm o temperaturze 38°C, natężenie prądu galwanicznego wynosi zaś 20mA;

– **fonoforeza borowinowa** – zabieg polega na stosowaniu ultradźwięków w dawce 0,2–0,6 W/cm^2, przez 10 min. na okolicy zabiegowej z wykorzystaniem borowiny o grubości 1–2 cm i temperaturze 38°C [Kochański 2002].

Podsumowanie

Borowina stanowi jeden z najcenniejszych elementów zabiegów kosmetycznych. W jej składzie występują głównie kwasy humusowe, aminokwasy, pektyny, cukry, związki fenolowe o działaniu silnie regenerującym, ochronnym oraz antyoksydacyjnym. Ma silne właściwości adsorpcyjne, dzięki którym działa oczyszczająco na skórę i tkankę podskórną. Z kolei zabiegi borowinowe normalizują funkcjonowanie organizmu, wpływają pozytywnie na układ narządów ruchu, układ krążenia, wspomagają usuwanie produktów przemiany materii. Borowina ma przede wszystkim działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne, ale także pobudza układ immunologiczny.

Bibliografia

Bragazza L., Buttler A., Habermacher J., Brancaleoni L., Gerdol R., Fritze H., Hanaji P.K., Laiho R., Johnson D., 2012. High nitrogen deposition walters the decomposition of bog plant litter and reduces carbon accumulation. Glob. Change Biol. 18, 1163–1172.

Cieciuch P., 2021. Borowina – właściwości, zastosowanie, przeciwskazania. Kąpiele borowinowe i maści z borowiną, https://www.medonet.pl/zdrowie,borowina-leczniczezastosowanie,artykul,1726315.html.

Drobnik M., Latour T., 2011a. Badania kwasów humusowych w preparatach leczniczych i kosmetycznych produkowanych z użyciem borowiny. Roczn. Państw. Zakł. Hig. 62, 225–231.

Drobnik M., Latour T., 2011b. Badania wpływu procesów termiczno-chemicznych na zawartość i strukturę kwasów humusowych podstawowego składnika preparatów borowinowych. Roczn. Państw. Zakł. Hig. 62, 453–462.
Górska S., Pijanowska M., 2014. Zastosowanie borowiny w rehabilitacji i odnowie biologicznej. Balneologia 2, 176-179.
Kasprzak W., Mańkowska A., 2008. Fizykoterapia, medycyna uzdrowiskowa i SPA. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 286–291.
Kłapeć T., Cholewa A., Stojek N., 2013. Wstępne badania biologiczne borowiny pozabiegowej w aspekcie możliwości jej wykorzystania w rolnictwie. Environ. Med. 16, 30–34.
Kucharski M., Szymak M., 1994. Złoża torfów leczniczych (borowina) w Polsce. Wyd. Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej oraz „Balneoprojekt", Warszawa.
Kochański W., 2002. Balneologia i hydroterapia. Wydawnictwo AWF, Wrocław.
Kwolek A., 2012. Rehabilitacja medyczna, t. 1. Elsevier Urban &Partner, Wrocław.
Mieczan T., Pawlik-Skowrońska B., 2018. Effects of *Arcella vulgaris* on microbial loop communities in peat pools (an experimental approach). Fundament. Appl. Limnol. 2, 103–113.
Ponikowska I., 2012. Kompedium balneologii. Kierunki i wskazania do leczenia uzdrowiskowego. Wyd. Adam Marszałek, Toruń.
Ponikowska I., 1995. Medycyna uzdrowiskowa w zarysie. Watext, Warszawa.
Piejko L. 2017. „Czarne złoto". Wykorzystanie borowiny do pielęgnacji skóry. Zdrowie, 1, 56–59.
Skreczko S., Trepka W., 2016. Torf – naturalne laboratorium chemiczne. Wszechświat, 4–6, 132–137.
Sobolewska A., Sztanke M., Pasternak K., 2007. Składniki borowiny i jej właściwości lecznicze. Balneol. Pol. 49, 93–98.
Wardle D.A., Jansson M., Bansal S., Bardgett R.D., Gundale M.J., Metcalfe, D.B., 2012. Linking vegetation change, carbon sequestration and biodiversity: insights from island ecosystems in a long-term natural experiment. J. Ecol. 100, 16–30.
Wollina U., 2009. Peat: a natural source for dermatocosmetics and dermatotherapeutics. J. Cutan. Aesthetic Surg. 1, 17–20.

Streszczenie. Borowina to naturalny materiał występujący w przyrodzie, składający się z substancji mineralnych, organicznych lub mieszanych, który powstał w wyniku procesów geologicznych i biologicznych zachodzących w szczególnych warunkach w obumarłych roślinach. Należy ona do grupy peloidów, czyli osadów podwodnych, które wykorzystywane mogą być m.in. w przemyśle kosmetycznym, rehabilitacji czy odnowie biologicznej. W niniejszej pracy, opierając się na doniesieniach naukowych, zaprezentowano genezę osadów borowinowych, ich właściwości prozdrowotne oraz aktualny stan wiedzy dotyczący wykorzystania tego osadu zarówno do produkcji kosmetyków, jak i w zabiegach wykonywanych w gabinecie kosmetycznym poprawiających zdrowie i urodę.

Słowa kluczowe: balneologia, torfowiska, torf, biokosmetyki

Zastosowanie metabolitów bakteryjnych w biokosmetologii

Adam Bownik[1]✉, Tomasz Mieczan[1], Magdalena Toporowska[1], Anna Kaczorowska[1]

Kosmetyczne właściwości rozmaitych metabolitów bakteryjnych były znane już w starożytności, a obecnie te substancje coraz częściej spotykane są w rozmaitych preparatach. Wiele spośród nich ma unikalne właściwości, umożliwiające różnym gatunkom bakterii ekstremofilnych przetrwanie i rozmnażanie w niesprzyjających dla większości organizmów warunkach (bardzo niska lub wysoka temperatura, niskie lub wysokie ciśnienie atmosferyczne oraz środowiska o silnym odczynie kwaśnym lub zasadowym) [Kohli i in. 2020]. Ochronne, pielęgnacyjne oraz regeneracyjne działanie metabolitów bakteryjnych na tkanki człowieka możliwe jest dzięki specyficznej budowie oraz specyficznym interakcjom tych związków z błonami komórkowymi. Niniejszy rozdział jest ogólnym przeglądem najpowszechniej wykorzystywanych w biokosmetologii metabolitów bakteryjnych należących do oligosacharydów, polisacharydów, biosurfaktantów, aminokwasów, białek oraz pigmentów.

Oligosacharydy

Jednymi z najpowszechniej stosowanych oligosacharydów bakteryjnych w preparatach kosmetycznych są cyklodekstryny oraz egzopolisacharydy. Cyklodekstryny (α-, β-, γ-) (ryc. 1) są cyklicznymi oligosacharydami złożonymi z α-(1,4)-glukopyranozowych podjednostek. Dodaje się je do preparatów w celu zmniejszenia lotności estrów oraz przedłużenia uwalniania aromatu w kosmetykach, takich jak perfumy, detergenty, dezodoranty oraz żele do odświeżaczy pokojowych [Xiao i in. 2021]. Cyklodekstryny stosuje się także w postaci pudru do redukcji odorów w talku, pieluchach oraz chusteczkach. Do produkcji ko-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
✉ adam.bownik@up.lublin.pl

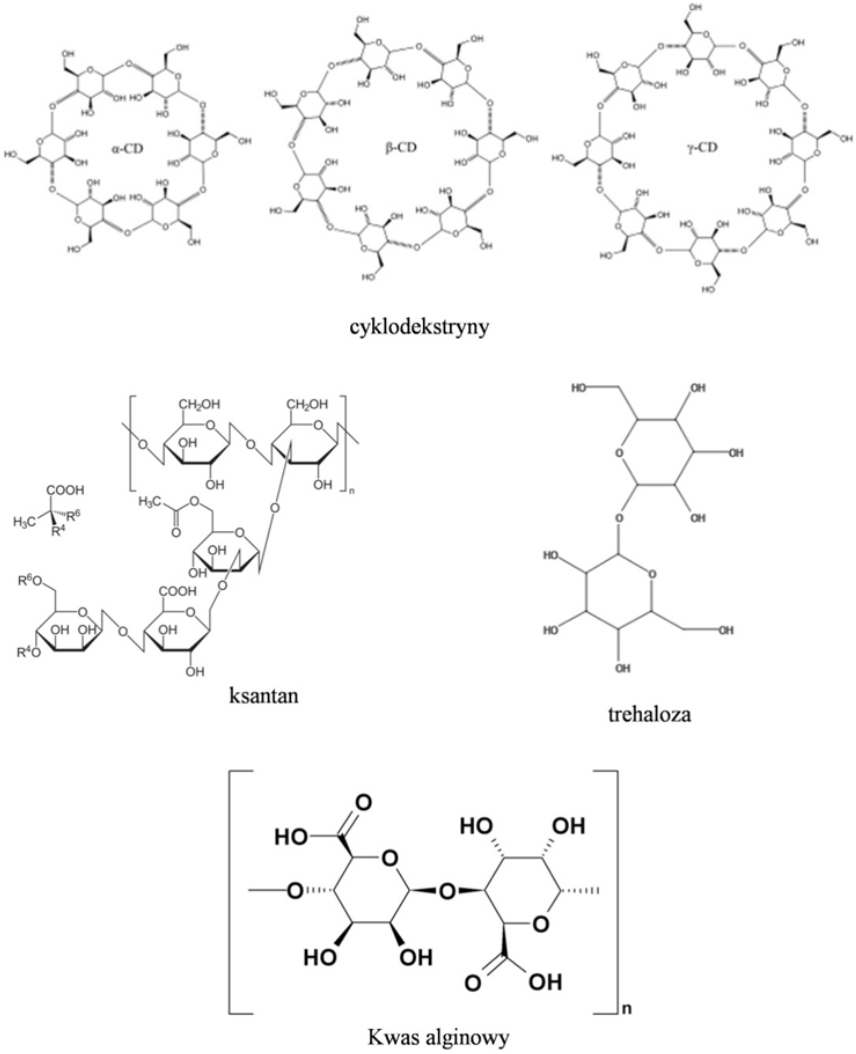
mercyjnej cyklodekstryn wykorzystywana jest transformacja za pomocą enzymu bakterii *Bacillus subtilis, Brevibacterium* sp. oraz *Microbacterium terrae.*

Egzopolisacharydy bakteryjne są cennymi produktami pochodzenia bakteryjnego, charakteryzującymi się brakiem toksyczności oraz dużą kompatybilnością biologiczną. Hydrofilowe egzopolisachardy stosowane są jako czynniki utrzymujące podwyższoną zawartość wody w preparatach kosmetycznych. Na przykład dekstran, otrzymywany poprzez polimeryzację glukozy z bakterii *Leuconostoc mesenteriodes i Streptococcus mutans* [Korcz i Varga 2021], stosowany jest w preparatach wygładzających i rozjaśniających skórę oraz redukujących zmarszczki. Kolejną grupą egzopolisacharydów posiadających właściwości wiązania cząsteczek wody są alginaty (ryc. 1). Pomimo iż są powszechnie pozyskiwane z glonów, do ich produkcji wykorzystuje się także bakterie, takie jak *Pseudomonas aeruginosa* i *Azotobacter vinelandii*. Alginaty wykorzystywane są głównie jako substancje żelujące i rozczynniki w preparatach stosowanych na skórę. Innym polisacharydem żelującym stosowanym w preparatach na skórę jako czynnik emulsyfikujący i spieniający jest ksantan (ryc. 1), produkowany głównie przez bakterie z rodzaju *Xanthomonas* [Bilanovic i in. 2016].

Dużą zdolnością do silnego wiązania cząsteczek wody oraz stabilizującego makrocząsteczki charakteryzują się niektóre disacharydy bakteryjne [Angelin i Kavitha 2020]. Dlatego też na przykład trehaloza znalazła zastosowanie w rozmaitych preparatach kosmetycznych (olejki do kąpieli, szampony, mleczka do ciała, dezodoranty, toniki na porost włosów) posiadających właściwości nawilżające oraz zabezpieczające zewnętrzną warstwę nabłonka przed wysuszeniem lub innymi czynnikami, takimi jak stres cieplny, niska temperatura, promieniowanie ultrafioletowe [Ohtake i Wang 2011]. Pomimo iż obecnie disacharyd ten pozyskiwany jest na skalę przemysłową głównie poprzez reakcję enzymatyczną, rekombinowane bakterie *Escherichia coli* również mogą być jego wysoce wydajnym źródłem [Gao i in. 2015].

Surfaktanty

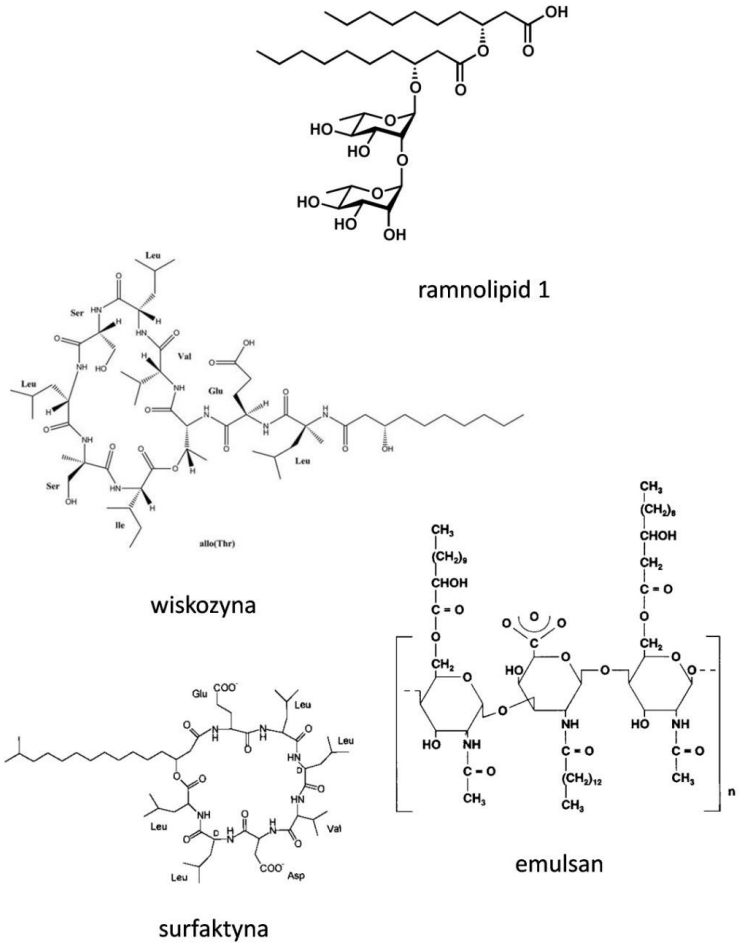
Biosurfaktanty stosowane są w kosmetykach głównie ze względu na dużą zdolność do zmniejszania napięcia powierzchniowego, a także właściwości spieniające, emulsyfikujące oraz dużą zdolność nawilżania. Za ich wykorzystaniem przemawia fakt, iż są względnie nietoksyczne i mają duży stopień biodegradowalności. Większość biosurfaktantów należy do kwasów tłuszczowych, tłuszczów obojętnych, glikolipidów i lipopeptydów.



Ryc. 1. Oligosacharydy bakteryjne najczęściej stosowane w produktach kosmetycznych.
Oprac. na podst.: Wimmer 2012, Szklarska i in. 2014

Wiskozyna i należące do glikolipidów ramnolipidy wytwarzane przez bakterie z rodzaju *Pseudomonas* są biosurfaktantami często wykorzystywanymi do produkcji preparatów do pielęgnacji i oczyszczania skóry (ryc. 2) [Bak i in. 2015, Zhou i in. 2019]. Lipopeptydy będące pochodnymi surfaktyny, produkowane przez bakterie *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* A, *Bacullus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefacien*, mają znakomite właściwości spieniające, co

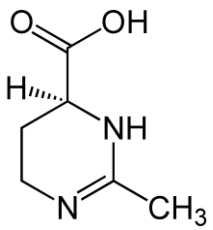
umożliwia ich szerokie zastosowanie w produktach dermatologicznych oraz w kosmetykach w postaci olejków lub emulsji wodnych. Stwierdzono, że surfaktyny (ryc. 2) produkowane przez bakterie *Bacillus subtilis* intensyfikują nawilżenie tkanek poprzez zwiększenie płynności błony komórkowej będącej efektem interakcji surfaktantu z grupami acylowymi błonowych fosfolipidów [Zhao i in. 2017]. Innym przykładem surfaktantu jest emulsan produkowany przez bakterie *Acinetobacter calcoaceticus* (ryc. 2), który charakteryzuje się właściwościami stabilizującymi emulsje olejowo-wodne [Nitschke i Costa 2007].



Ryc. 2. Surfaktanty bakteryjne najczęściej stosowane w produktach kosmetycznych.
Oprac. na podst.: Desai i Banat 1997, Gupta i in. 2019

Aminokwasy, białka (enzymy) i peptydy

Wiele metabolitów bakteryjnych, które znalazły zastosowanie w różnych preparatach kosmetycznych, należy do aminokwasów. Na szczególną uwagę zasługują przede wszystkim osmoprotektanty ze względu na zdolność do silnego wiązania wody i działania stabilizującego na makrocząsteczki, takie jak białka i kwasy nukleinowe. Dobrym przykładem aminokwasu bakteryjnego o takich właściwościach jest ektoina (ryc. 3) wytwarzana przez bakterie z rodzaju *Alkalibacillus, Marinococcus* sp. ECT1 oraz gatunek *Halomonas elongata.* Te mikroorganizmy produkują i akumulują ektoinę w warunkach stresu (zmiana ciśnienia osmotycznego środowiska, temperatury, promieniowania ultrafioletowego). Ochronne działanie ektoiny jest związane głównie z działaniem stabilizującym na fosfolipidy i białka błony komórkowej oraz enzymy podczas silnego odwodnienia środowiska.

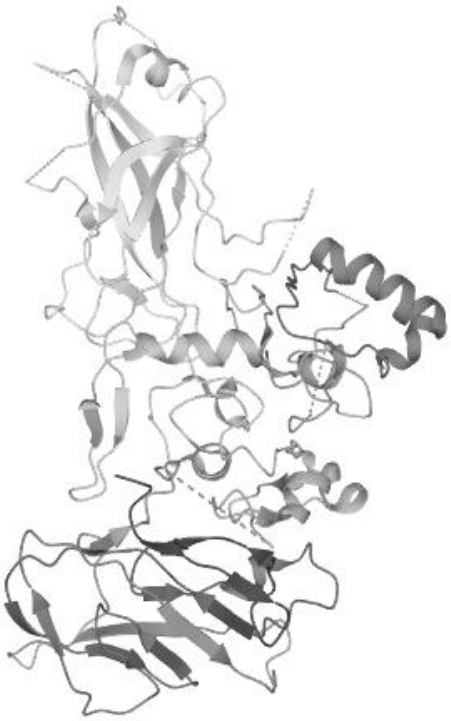


Ryc. 3. Struktura ektoiny [Lippert i Galinski 1992]

Ektoina dzięki zdolności do wiązania wody zwiększa stabilność makrocząsteczek takich jak białka, kwasy nukleinowe. Ta właściwość wykorzystywana jest w wielu preparatach kosmetycznych zapewniających odpowiednie nawilżenie skóry (kremy) oraz oczu (płyny do soczewek kontaktowych). Dzięki zdolności do wiązania cząsteczek wody ektoina zapobiega utracie wilgotności warstwy epidermalnej oraz zwiększa ich odporność na detergenty. Innymi aminokwasami o właściwościach osmoprotekcyjnych są betaina produkowana przez bakterie z rodzaju *Halomonas* sp. [Kushwaha i in. 2019] oraz hydroksyprolina pozyskiwana z rekombinowanych mikroorganizmów z gatunku *Escherichia coli* [Hara i in. 2020, Chen i in. 2021].Te związki również znalazły zastosowanie w wielu kosmetykach o właściwościach nawilżających, przeciwpodrażnieniowych oraz innych preparatach, na przykład takich jak pasty do zębów [Ship i in. 2007]. Aminokwasy znane jako MAAs (ang. *mycosporine-like amino acids*), produko-

wane głównie przez sinice oraz promieniowce z gatunków *Strepromyces lividans*, *Streptomyces avemitilis* oraz bakterie *Pseudonocardia* sp. i *Corynebacterium glutamicum*, zapewniają mikroorganizmom ochronę przed promieniowaniem ultrafioletowym oraz szkodliwym działaniem wolnych rodników [Rezanka i in. 2004, Rosic i in. 2019]. Ze względu na te właściwości MAAs zostały wykorzystane do produkcji rozmaitych preparatów ochronnych skóry [Suh i in. 2014].

Szczególne zastosowanie w biokosmetologii znalazła toksyna botulinowa (ryc. 4) (zwana potocznie jadem kiełbasianym) produkowana przez Gram-dodatnie bakterie *Clostridium botulinum* (łac. *botulus* – kiełbasa).



Ryc. 4. Struktura przestrzenna toksyny botulinowej [Schleberger i in. 2006]

Toksyna botulinowa jest białkiem, które blokuje pobudzenie nerwowo-mięśniowe poprzez hamowanie wydzielania acetylocholiny z pęcherzyków wydzielniczych do przestrzeni synaptycznej, prowadząc do paraliżu wiotkiego.

Pomimo iż zatrucia tą neurotoksyną bardzo często mogą prowadzić do śmierci, stosowana jest podczas zabiegów odmładzających skórę twarzy, lecz w bardzo niewielkich dawkach. Toksyna botulinowa (zwana również botoksem) podana pacjentowi w iniekcji powoduje blokowanie wydzielania acetylocholiny przez komórki unerwiające mięśnie twarzy, co prowadzi do zmniejszenia napięcia mięśni i w późniejszym efekcie do redukcji zmarszczek mimicznych. Toksynę botulinową podaje się także podczas innych zabiegów kosmetycznych: korekcji tzw. kurzych łapek w okolicy ust, szyi oraz leczenia blizn. Podczas terapii toksyną botulinową bardzo istotne jest ściśle określone postępowanie zapewniające bezpieczeństwo pacjentom.

Bakterie są źródłem wielu enzymów, których stosowanie w celu poprawy jakości skóry, włosów i paznokci było znane w starożytności. Obecnie w preparatach kosmetycznych najczęściej stosowane są dysmutaza ponadtlenkowa i peroksydazy (katalaza, peroksydazy glutationowe, laktoperoksydazy) wychwytujące toksyczne wolne rodniki oraz przyspieszające regenerację skóry. W badaniach *in vitro* wykazano, że dysmutaza ponadtlenkowa ma większą zdolność do neutralizacji wolnych rodników w porównaniu z witaminą E oraz polifenolami izolowanymi z zielonej herbaty [Lods i in. 2000]. Pierwotnie do produkcji tego enzymu oraz peroksydaz wykorzystywano ekstremofilne bakterie *Marinomonas* sp., *Sulfolobus acidocaldarius* [Bafana i in. 2011]. Obecnie jednak stosuje się genetycznie zmodyfikowane bakterie kwasu mlekowego [LeBlanc i in. 2011]. Innym enzymem o podobnej budowie do dysmutazy ponadtlenkowej jest dehydrogenaza mleczanowa, stosowana w wielu preparatach jako czynnik chroniący przed promieniowaniem ultrafioletowym [Lods i in. 2000].

Bakteryjne proteazy zdolne do enzymatycznego hydrolizowania wiązań peptydowych keratyny, kolagenu oraz elastyny są dużą grupą białek stosowanych w preparatach kosmetycznych. Proteazy pochodzące od bakterii alkalifilnych są wykorzystywane w preparatach służących do traktowania rozmaitych zmian, jak suchość skóry, ichtioza (łuszczyca), zmiany zapalne skóry [Bernard i Mehul 2009]. Keratynazy są proteazami stosowanymi w kremach wygładzających i peelingujących, maściach do traktowania blizn i regeneracji komórek nabłonka skóry stóp, kolan i łokci oraz preparatach redukujących porost włosów. Na skalę przemysłową wykorzystuje się keratynazy produkowane przez bakterie *Bacillus licheniformis* oraz termofilne *Thermosipho* sp., *Thermococcus* sp., Gram-dodatnie *Lysobacter*, *Microbacterium* oraz Gram-ujemne *Thermoanaerobacter* sp. oraz *Chryseobacterium* [Gupta i in. 2013].

Oprócz białek w niektórych preparatach kosmetycznych stosowane są również peptydy. Rozpuszczalne formy tych związków dodawane są do żeli, emulsji, pudrów, balsamów, natomiast nierozpuszczalne peptydy stosowane są w większości do kremów do twarzy [Secchi i in. 2008]. Ostatnio znaczne zainteresowanie wzbudziły pentapeptydy, takie jak pentapeptyd palmitynowy, stosowany w preparatach do redukcji zmarszczek oraz szorstkości skóry, oraz antybakteryjne peptydy, które mogą być stosowane w postaci prebiotyków w preparatach służących do oczyszczania skóry [Al-Ghazzewi i Tester 2014].

Kwasy

Często stosowanymi metabolitami bakteryjnymi w kosmetykach są niektóre kwasy. Kwas hialuronowy (glikozaminolikan) wykorzystywany jest do wypełniania przestrzeni w skórze w chirurgii plastycznej oraz jako czynnik zwiększający retencję wody, redukujący zmarszczki i poprawiający elastyczność skóry. Pomimo iż ten związek jest powszechnie pozyskiwany na dużą skalę z tkanek zwierzęcych (kogucie grzebienie), zdolność do jego syntezy stwierdzono również u bakterii z rodzaju *Streptococcus* oraz genetycznie modyfikowanych mikroorganizmów z rodzaju *Bacillus* [Widner i in. 2005, Westbrook i in. 2018]. Inny związek należący do kwasów, glukuronian, syntetyzowany przez bakterie symbiotyczne *Sinorhizobium meliloti* M5N1CS oraz *Gluconacetobacter hanseni*, znajduje zastosowanie jako czynnik żelujący i zagęszczający [Da Costa i in. 2001, Khan 2007].

Pigmenty

Pigmenty produkowane przez bakterie stosuje się w preparatach kosmetycznych, by nadać im odpowiedni kolor. Wiele z tych związków posiada dodatkowo właściwości przeciwbakteryjne oraz ochronne przed promieniowaniem słonecznym [Choksi i in. 2020]. Na przykład wiolaceinę produkowaną przez *Chromobacterium violaceum, Janthinobacterium lividum* stosuje się w niektórych balsamach, co nadaje im purpurowe zabarwienie [Choksi i in. 2020]. Dodatkowo ten związek stosowany w kremach z filtrem chroni przed szkodliwym wpływem promieniowania słonecznego [Durán i in. 2010]. Astaksatyna to kolejny bakteryjny pigment karotenoidowy posiadający właściwości antyoksydacyjne stosowany w preparatach kosmetycznych, produkowany m.in. przez bakterie z rodzaju *Paracoccus* oraz przez gatunek *Agrobacterium aurantiacum*. Innym czynnikiem wykazującym działanie ochronne przed promieniowaniem

ultrafioletowym jest zeaksantyna, z grupy ksantofili, pozyskiwana z bakterii *Corynebacterium autotrophicum* lub z modyfikowanych bakterii *Escherichia coli*. Zeaksantyna stosowana jest w wielu preparatach kosmetycznych takich jak natrikosmetyki („pigułki urody") ze względu na silne działanie antyoksydacyjne i nawadniające [Anunciato i Da Rocha Filo 2012].

Podsumowanie

Bakterie są bardzo bogatym źródłem metabolitów o unikalnych właściwościach, które powszechnie wykorzystuje się przy produkcji rozmaitych preparatów kosmetycznych. Wiele metabolitów zwiększa płynność błony komórkowej oraz ma dużą zdolność do wiązania wody, co prowadzi do utrzymywania uwodnienia tkanek, a także zwiększenia stabilności makrocząsteczek w przypadku stresu środowiskowego. Kolejną cechą dużej grupy metabolitów bateryjnych jest zdolność do unieczynnienia wolnych rodników, co daje możliwość wykorzystania ich jako czynnika ochronnego przed promieniowaniem słonecznym. Jednak należy wspomnieć, iż w procesie produkcyjnym muszą być stosowane w postaci oczyszczonej. Wymaga to procesu technologicznego prowadzącego do odseparowania pożądanego metabolitu od innych towarzyszących związków. Nowe substancje przed wprowadzeniem do produkcji powinny być przetestowane pod kątem możliwego działania toksycznego na organizm człowieka. Warto także zauważyć, iż pewne metabolity mogą wywoływać reakcje alergiczne u osób nadwrażliwych.

Bibliografia

Al-Ghazzewi F.H., Tester R.F., 2014. Impact of prebiotics and probiotics on skin health. Benef. Microbes. 5, 99–107, doi: 10.3920/BM2013.0040

Angelin J., Kavitha M., 2020. Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. Int. J. Biol. Macromol. 162, 853–865, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.190

Anunciato T.P., da Rocha Filho P.A., 2012. Carotenoids and polyphenols in nutricosmetics, nutraceuticals, and cosmeceuticals. J. Cosmet. Dermatol. 11, 51–54, doi: 10.1111/j.1473-2165.2011.00600.x

Bafana A., Dutt S., Kumar S., Ahuja P.S., 2011. Superoxide dismutase: an industrial perspective. Crit. Rev. Biotechnol. 31, 65–76, doi: 10.3109/07388551.2010.490937

Bak F., Bonnichsen L., Jørgensen N.O., Nicolaisen M.H., Nybroe O. 2015. The biosurfactant viscosin transiently stimulates n-hexadecane mineralization by a bacterial consortium. Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 1475–1483, doi: 10.1007/s00253-014-6054-3

Bernard D., Mehul B., 2009. Use of aspartic proteases in cosmetics and therapeutics. US-7521422-B2.

Bilanovic D., Starosvetsky J., Armon R.H., 2016. Preparation of biodegradable xanthan-glycerol hydrogel, foam, film, aerogel and xerogel at room temperature. Carbohydr. Polym. 148, 243–250, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.04.058

Chen X., Yi J., Song W., Liu J., Luo Q., Liu L., 2021. Chassis engineering of *Escherichia coli* for trans-4-hydroxy-l-proline production. Microb. Biotechnol. 14, 392–402, doi: 10.1111/1751-7915.13573.

Choksi J., Vora J., Shrivastava N., 2020. Bioactive pigments from isolated bacteria and its antibacterial, antioxidant and sun protective application useful for cosmetic products. Indian J. Microbiol. 60, 379–382, doi: 10.1007/s12088-020-00870-x

Figueroa-Soto C.G., Valenzuela-Soto E.M., 2018. Glycine betaine rather than acting only as an osmolyte also plays a role as regulator in cellular metabolism. Biochimie 147, 89–97, doi: 10.1016/j.biochi.2018.01.002

Da Costa A., Michaud P., Petit E., Heyraud A., Colin-Morel P., Courtois B., Courtois J., 2001. Purification and properties of a glucuronan lyase from *Sinorhizobium meliloti* M5N1CS (NCIMB 40472). Appl. Environ. Microbiol. 67, 5197–5203, doi: 10.1128/AEM.67.11.5197-5203.2001

Desai J.D., Banat I.M., 1997. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 61, 47–64.

Durán M., Faljoni-Alario A., Durán N., 2010. *Chromobacterium violaceum* and its important metabolites – review. Folia Microbiol. (Praha) 55, 535–547, doi: 10.1007/s12223-010-0088-4

Korcz E., Varga L., 2021. Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: Techno-functional application in the food industry. Tr. Food Sci. Technol. 110, 375–384, 10.1016/j.tifs.2021.02.014

Gao C., Zhang S., He Y., Huang J., Dong Z., 2015. Construction of a recombinant *Escherichia coli* for high trehalose production. Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao. 31, 1784–1788.

Gupta R., Sharma R., Berg Q., 2013. Revisiting microbial keratinases: Next generation proteases for sustainable biotechnology. Crit. Rev. Biotechnol. 33, 216–228, doi: 10.3109/07388551.2012.685051

Gupta P.L., Rajput M., Oza T., Trivedi U., Sanghvi G., 2019. Eminence of microbial products in cosmetic industry. Nat. Prod. Bioprospect. 9, 267–278, doi: 10.1007/s13659-019-0215-0

Hara R., Kino K., 2020. Enzymatic reactions and microorganisms producing the various isomers of hydroxyproline. Appl. Microbiol. Biotechnol. 104(11), 4771–4779, doi: 10.1007/s00253-020-10603-1

Khan T., Hyun S.H., Park J.K., 2007. Production of glucuronan oligosaccharides using the waste of beer fermentation broth as a basal medium, Enz. Microb. Technol. 42, 89–92, doi: 10.1016/j.enzmictec.2007.08.007

Kohli I., Joshi N.C., Mohapatra S., Varma A., 2020. Extremophile – An adaptive strategy for extreme conditions and applications. Curr. Genomics 21, 96–110, doi: 10.2174/1389202921666200401105908,

Kushwaha B., Jadhav I., Verma H.N., Geethadevi A., Parashar D., Jadhav K., 2019. Betaine accumulation suppresses the de-novo synthesis of ectoine at a low osmotic concentration in *Halomonas* sp. SBS 10, a bacterium with broad salinity tolerance. Mol. Biol. Rep. 46, 4779–4786, doi: 10.1007/s11033-019-04924-2

LeBlanc J.G., del Carmen S., Miyoshi A., Azevedo V., Sesma F., Langella P., Bermúdez-Humarán L.G., Watterlot L., Perdigon G., de Moreno de LeBlanc A., 2011. Use of superoxide dismutase and catalase producing lactic acid bacteria in TNBS induced Crohn's disease in mice. J. Biotechnol. 151, 287–93, doi: 10.1016/j.jbiotec.2010.11.008

Lippert K., Galinski E.A., 1992. Enzyme stabilization be ectoine-type compatible solutes: protection against heating, freezing and drying. Appl. Microbiol. Biotechnol. 37, 61–65, doi:10.1007/BF00174204

Lods L.M., Dres C., Johnson C., Scholz D.B., Brooks G.J., 2000. The future of enzymes in cosmetics. Int. J. Cosm. Sci. 22, 85–94, doi: 10.1046/j.1467-2494.2000.00012.x

Nitschke M., Costa S.G.V.A.O., 2007. Biosurfactants in food industry. Tr. Food Sci. Technol. 18, 252–259.

Ohtake S., Wang Y.J., 2011. Trehalose: current use and future applications. J. Pharm. Sci. 100, 2020–2053, doi: 10.1002/jps.22458
Rezanka T., Temina M., Tolstikov A.G., Dembitsky V.M., 2004. Natural microbial UV radiation filters-mycosporine-like amino acids. Folia Microbiol. (Praha) 49, 339–352, doi: 10.1007/BF03354663
Rosic N.N., 2019. Mycosporine-like amino acids: Making the foundation for organic personalised sunscreens. Mar. Drugs 17, 638, doi: 10.3390/md17110638
Schleberger C., Hochmann H., Barth H., Aktories K., Schulz G.E., 2006. Structure and action of the binary C2 toxin from *Clostridium botulinum*. J. Mol. Biol. 364, 705–715, doi: 10.1016/j.jmb.2006.09.002
Secchi G., 2008. Role of protein in cosmetics. Clin Dermatol. 26, 321–325, doi: 10.1016/j.clindermatol.2008.04.004
Ship J.A., McCutcheon J.A., Spivakovsky S., Kerr A.R., 2007. Safety and effectiveness of topical dry mouth products containing olive oil, betaine, and xylitol in reducing xerostomia for polypharmacy-induced dry mouth. J. Oral Rehabil. 34, 724–32, doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01718.x
Suh S.S., Hwang J., Park M., Seo H.H., Kim H.S., Lee J.H., Moh S.H., Lee T.K., 2014. Anti-inflammation activities of mycosporine-like amino acids (MAAs) in response to UV radiation suggest potential anti-skin aging activity. Mar. Drugs 12, 5174–5187, doi: 10.3390/md12105174
Szklarska M., Dercz, G., Simka W., Dudek K., Starczewska O., Łężniak, M., Losiewicz, B., 2014. Alginate biopolymer coatings obtained by electrophoretic deposition on Ti15Mo Alloy. Acta Phys. Pol. A 125, doi: 10.12693/APhysPolA.125.919
Venil C.K., Zakaria Z.A., Ahmad W.A., 2013. Bacterial pigments and their applications. Proc. Biochem. 48, 1065–1079, doi: 10.1016/j.procbio.2013.06.006.
Widner B., Behr R., Von Dollen S., Tang M., Heu T., Sloma A., Sternberg D., Deangelis P.L., Weigel P.H., Brown S., 2005. Hyaluronic acid production in *Bacillus subtilis*. Appl. Environ. Microbiol. 71, 3747–3752, doi: 10.1128/AEM.71.7.3747-3752.2005
Westbrook A.W., Ren X., Oh J., Moo-Young M., Chou C.P., 2018. Metabolic engineering to enhance heterologous production of hyaluronic acid in *Bacillus subtilis*. Metab. Eng. 47, 401–413, doi: 10.1016/j.ymben.2018.04.016
Wimmer T., 2012. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, doi: 10.1002/14356007
Xiao Z., Zhang Y., Niu Y., Ke Q., Kou X., 2021. Cyclodextrins as carriers for volatile aroma compounds: A review. Carbohydr. Polym. 269, 118292, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118292
Zhao H., Shao D., Jiang C., Shi J., Li Q., Huang Q., Rajoka M.S.R., Yang H., Jin M. 2017. Biological activity of lipopeptides from Bacillus. Appl. Microbiol. Biotechnol. 10115, 5951–5960, doi: 10.1007/s00253-017-8396-0
Zhou J., Xue R., Liu S., Xu N., Xin F., Zhang W., Jiang M., Dong W., 2019. High di-rhamnolipid production using *Pseudomonas aeruginosa* KT1115, separation of mono/di-rhamnolipids, and evaluation of their properties. Front. Bioeng. Biotechnol. 7, 245, doi: 10.3389/fbioe.2019.00245

Streszczenie. Metabolity bakteryjne stosowane są często w rozmaitych preparatach kosmetycznych do ochrony oraz pielęgnacji ciała. Wiele substancji należących do różnych grup chemicznych produkowanych przez bakterie ma unikalne właściwości, co pozwala na ich zastosowanie w produktach o działaniu nawilżającym, antyoksydacyjnym, stabilizującym, ochronnym oraz poprawiającym jędrność i elastyczność skóry. Praca jest przeglądem literatury związanej z produkcją i zastosowaniem metabolitów bakteryjnych w biokosmetologii.

Słowa kluczowe: bakterie, osmoprotektanty, enzymy, surfaktanty, preparaty kosmetyczne

Biosurfaktanty w kosmetykach

Anna Stępniowska[1]✉

Surfaktanty, znane również pod nazwą „związki powierzchniowo czynne", są amfipatycznymi cząsteczkami wykazującymi zdolność do tworzenia miceli. Ich nazwa pochodzi od ang. SURFace ACTive AgeNTS, czyli SURFACTANTS. Związki należące do tej grupy odgrywają ważną rolę w formulacjach kosmetycznych (formach użytkowych kosmetyku) ze względu na właściwości zwilżające, solubilizujące, emulgujące i pieniące, a także detergencyjne. Surfaktanty zwiększają również rozpuszczalność związków polarnych w rozpuszczalnikach organicznych, które są zazwyczaj niepolarne [Ferreira i in. 2017]. Zgodnie z rozporządzeniem Komisji Europejskiej 2006/257/CE surfaktant „obniża napięcie powierzchniowe kosmetyków, a także wspomaga równomierne rozprowadzenie produktu w trakcie stosowania" [EU 2006].

Większość związków powierzchniowo czynnych stosowanych w produktach kosmetycznych jest pochodzenia syntetycznego. Surfaktanty syntetyczne często wykazują działanie drażniące oraz alergizujące na skórę oraz stosunkowo słabo ulegają procesom biodegradacji. W związku z tym firmy produkujące kosmetyki poszukują naturalnych składników jako alternatywy dla powszechnie stosowanych związków powierzchniowo czynnych. W konsekwencji surfaktanty pochodzenia naturalnego, czyli tzw. biosurfaktanty cieszą się coraz większą popularnością w formulacjach kosmetycznych. Są to związki produkowane przez bakterie lub grzyby z różnych substratów, takich jak oleje, cukry, alkany, odpady itp. W zależności od zastosowania biosurfaktanty mogą być wytwarzane w większych ilościach z odpadów przemysłowych lub produktów ubocznych różnych gałęzi przemysłu [Muthusamy i in. 2008]. Daverey i in. [2011] wykorzystali ścieki z lokalnego przemysłu mleczarskiego do produkcji soforolipidów przez *Candida bombicola*. Z kolei Luna i in. [2012] zastosowali pozostałości z produkcji oleju z orzeszków ziemnych jako tanie składniki odżywcze do produkcji biosurfaktantu przez *Candida sphaerica*.

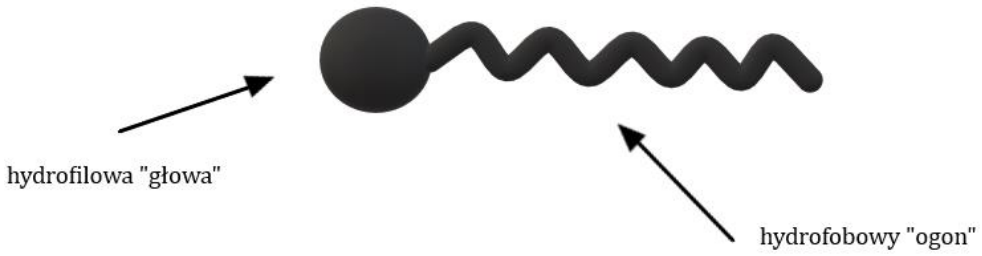
---

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biochemii i Toksykologii, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
✉ anna.stepniowska@up.lublin.pl

Biosurfaktanty podobnie jak surfaktanty syntetyczne obniżają napięcie powierzchniowe. Skuteczny syntetyczny środek powierzchniowo czynny może obniżyć napięcie powierzchniowe wody z 75 do 35 dyn/cm. Natomiast surfaktyna, będąca silnym biosurfaktantem, obniża napięcie powierzchniowe wody nawet do 25 dyn/cm [Rosenberg i Ron 1999]. Ponadto wiele biosurfaktantów jest odpornych na działanie wysokiej temperatury czy skrajnych wartości pH, dlatego są stosowane w detoksykacji określonych zanieczyszczeń środowiskowych, przy demulgowaniu emulsji przemysłowych oraz w produktach kosmetycznych, farmaceutycznych i spożywczych [Gharaei-Fathabad 2011]. Biosurfaktanty wykazują również mniejszą toksyczność w porównaniu z surfaktantami pochodzenia chemicznego lub nawet jej całkowity brak. Są łatwo rozkładane przez mikroorganizmy, a tym samym łatwo biodegradowalne. Jest to zielona alternatywa dla surfaktantów syntetycznych, które stanowią zagrożenie dla środowiska [Fakruddin 2012].

Budowa i właściwości surfaktantów

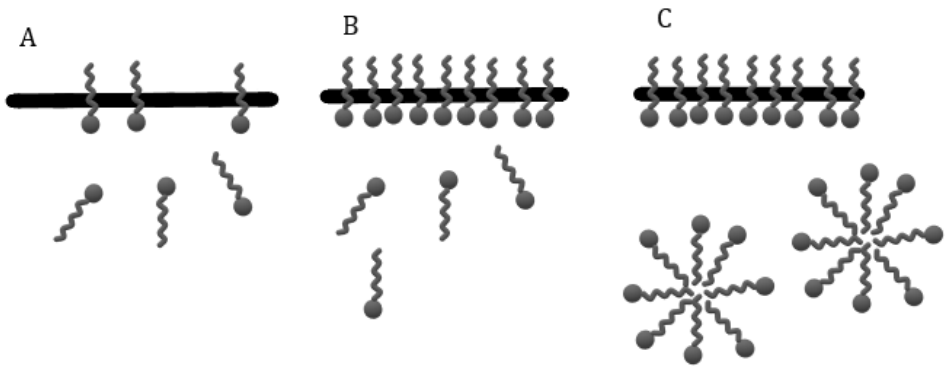
Surfaktanty jako związki amfipatyczne zbudowane są z hydrofilowej „głowy" oraz hydrofobowego „ogona" (ryc. 1). Dzięki takiej budowie wykazują bardzo unikalne właściwości, takie jak obniżanie napięcia powierzchniowego czy zwiększanie rozpuszczalności substancji lipofilowych w rozpuszczalnikach polarnych [Moldes i in. 2021].



Ryc. 1. Budowa surfaktantu

W roztworach wodnych cząsteczki surfaktantu gromadzą się na granicy faz woda-powietrze, układając się hydrofilowymi głowami w kierunku wody, natomiast hydrofobowymi ogonkami w kierunku powietrza (ryc. 2A). Wraz ze zwiększaniem stężenia surfaktantu powierzchnia na granicy faz podlega całko-

witemu wypełnieniu cząsteczkami surfaktantu (ryc. 2B). Przy dalszym zwiększaniu stężenia surfaktantu następuje zwiększenie jego ilości w całej objętości roztworu, co skutkuje tworzeniem się miceli (ryc. 2C). Stężenie surfaktantu, po przekroczeniu którego zaczynają tworzyć się micele, określane jest jako krytyczne stężenie micelizacji (CMC). Parametr ten charakteryzuje surfaktanty pod względem ich zdolności do obniżania napięcia powierzchniowego. Im mniejsza wartość CMC, tym efektywniejszy jest surfaktant, a więc łatwiej obniża napięcie powierzchniowe [Kronberg i in. 2014, Sreenu i in. 2014, Hait i Moulik 2001]. W tabeli 1 podano wartości CMC dla przykładowych biosurfaktantów.



Ryc. 2. Mechanizm działania surfaktantu

Tabela 1. Krytyczne stężenie micelizacji (CMC) biosurfaktantów

Nazwa surfaktantu	CMC	Źródło
Surfaktyna	$9{,}4 \times 10^{-6}$ mol/l	Ishigami i in. 1995
Iturina A	$2{,}5 \times 10^{-7}$ mol/l	Aranda i in. 2005
Fengycyna	$1{,}2 \times 10^{-6}$ mol/l	Eeman i in. 2014
Lichenyzyna C	$1{,}5 \times 10^{-5}$ mol/l	Anuradha 2010
Wiskozyna	$4{,}8 \times 10^{-5}$ mol/l	Saini i in. 2008
Soforolipidy	82–150 mg/l	Sabturani i in. 2016
Liposan	300 mg/l	Rufino i in. 2014

Kolejną ważną cechą związaną ze strukturą surfaktantu lub biosurfaktantu jest równowaga hydrofilowo-lipofilowa (HLB). Ten parametr pozwala na określenie przydatności środka powierzchniowo czynnego lub biosurfaktantu do stabilizacji emulsji olej–woda (O/W) lub woda–olej (W/O) [Hait i Moulik 2001]. HLB związków powierzchniowo czynnych mieści się w zakresie od 0 do 20, przy czym środki powierzchniowo czynne z HLB między 4 a 8 są lepsze dla emulsji W/O, podczas gdy te z HLB między 12–16 są odpowiednie dla emulsji O/W. Ponadto HLB umożliwia również ilościową klasyfikację środków powierzchniowo czynnych zgodnie z ich zastosowaniami (tab. 2).

Tabela 2. Zastosowanie surfaktantów według ich HLB

Zakres HLB	Zastosowanie
1–6	emulsje W/O
1–3	środek przeciwpieniący
6–9	środek zwilżający
8–18	emulsje O/W
13–15	detergent
15–18	solubilizator

Oprac. na podst.: Romsted 2014

Do zastosowań dermatologicznych preferowane są emulsje typu W/O o wartościach HLB od 1 do 4, ponieważ film lipidowy na skórze sprzyja wchłanianiu składników aktywnych rozpuszczalnych w tłuszczach. Preparaty kosmetyczne tego typu mają działanie ochronne i okluzyjne. Z kolei emulsje typu O/W o wartościach HLB między 8 a 16 są bardziej cenione przez konsumentów ze względu na ich mniej tłustą konsystencję. Te preparaty występują przeważnie w formie półstałej lub ciekłej [Kim i in. 2002, Vecino i in. 2017].

Podział biosurfaktantów

Ze względu na masę cząsteczkową surfaktanty można podzielić na:
– surfaktanty o niskiej masie cząsteczkowej, które skutecznie zmniejszają napięcie powierzchniowe i międzyfazowe;
– surfaktanty o dużej masie cząsteczkowej, które są stosowane jako środki stabilizujące emulsję [Vijayakumar i Saravanan 2015].

Biosurfaktanty można także podzielić ze względu na ich budowę oraz typ mikroorganizmu, który je produkuje (tab. 3). Jednym z typów biosurfaktantów są glikolipidy. Są zbudowane z węglowodanów, które stanowią hydrofilową część cząsteczki, oraz z łańcucha kwasu tłuszczowego, który stanowi jej część hydrofobową. W przypadku, gdy cukrem znajdującym się na końcu części hydrofilowej jest soforoza, ramnoza, trahaloza lub celobioza, biosurfaktant definiowany jest odpowiednio jako soforolipid, ramnolipid, trehalolipid lub cellobiolipid [Marchant i Banat 2012]. W kosmetyce stosowane są również biosurfaktanty na bazie mannozyloerytrytolu (MEL), które są intensywnie wytwarzane przez różne drożdżaki podstawczochłonne, takie jak *Pseudozyma* [Morita i in. 2015]. Biosurfaktant MEL stosowany jest w produktach do pielęgnacji skóry i włosów. Wykazuje on działanie przeciwutleniające i ochronne na komórki skóry [Morita i in. 2013].

Tabela 3. Klasyfikacja przykładowych biosurfaktantów

Biosurfaktant			Mikroorganizm	Typ mikroorganizmu
grupa	podgrupa	klasa		
surfaktanty o niskiej masie cząsteczkowej	glikolipidy	ramnolipidy	*Pseudomonas aeruginosa*	bakterie
		soforolipidy	*Torulopsis bombicola*, *Torulopsis apicola*	grzyby
		trehalolipidy	*Micrococcus luteus*, *Rhodococcus erythropolis*	bakterie
		cellobiolipidy	*Ustilago zeae*, *Ustilago maydis*	grzyby
	lipopeptydy i lipoproteiny	surfaktyna	*Bacillus subtilis*	bakterie
		wiskozyna	*Pseudomonas fluorescens*	bakterie
		peptydowo-lipidowy	*Bacillus licheniformis*	bakterie
surfaktanty o wysokiej masie cząsteczkowej	polimerowe surfaktanty	emulsan	*Acinetobacter calcoaceticus*	bakterie
		biodispersan	*Acinetobacter calcoaceticus*	bakterie
		alasan	*Acinetobacter radioresistens*	bakterie
		liposan	*Candida lipolytica*	grzyby

Oprac. na podst.: Sobrinho i in. 2013

Lipopeptydy z kolei zbudowane są z peptydowej „głowy" i hydrofobowego „ogona", utworzonego przez lipidy [Saini i in. 2008]. Istnieje wiele związków zaliczanych do lipopeptydów lub lipoprotein, spośród których najbardziej znana jest surfaktyna. Ten biosurfaktant jest wytwarzany przez bakterie *Bacillus subtilis* [Abdel-Mawgoud i in. 2008]. Surfaktyna wykazuje słabą rozpuszczalność w wodzie, jest rozpuszczalna tylko przy wysokim pH (8–8,5), co jest wadą przy stosowaniu jej w preparatach kosmetycznych. Jest jednak łatwo rozpuszczalna w rozpuszczalnikach organicznych, takich jak etanol, metanol, butanol, chloroform i dichlorometan [Abdel-Mawgoud i in. 2008]. Lipopeptydy o właściwościach powierzchniowo czynnych są wytwarzane również przez bakterie z rodzaju *Pseudomonas*, np. *Pseudomonas libanensis* wytwarza lipopeptydowy biosurfaktant mikrobiologiczny o nazwie wiskozyna [Saini i in. 2008]. Biosurfaktanty lipopeptydowe są szeroko stosowane w kosmetyce ze względu na ich właściwości przeciwzmarszczkowe, nawilżające i oczyszczające [Kanlayavattanakul i Lourith 2010].

Z kolei polimerowe biosurfaktanty są polimerowymi emulgatorami o właściwościach powierzchniowo czynnych wytwarzanymi przez bakterie i grzyby. Spośród tej grupy związków najlepiej przebadany jest emulsan, który jest polianionowym amfipatycznym heteropolisacharydem wytwarzanym przez *Acinetobacter calcoaceticus* [Fenibo i in. 2019]. Ten związek nie wykazuje dużej zdolności do obniżania napięcia powierzchniowego wody, jednak cechuje się dobrą aktywnością emulgującą [Nitschke i Sousa e Silva 2018]. Do tej grupy biosurfaktantów zaliczane są również inne bioemulgatory o działaniu powierzchniowo czynnym, takie jak biodyspersan czy liposan [Kosaric i Sukan 1993]. Liposan jest rozpuszczalnym w wodzie emulgatorem o właściwościach powierzchniowo czynnych wytwarzanym przez *Candida lipolytica*. Znajduje on zastosowanie w przemyśle spożywczym i kosmetycznym jako emulgator [Santos i in. 2016].

Zastosowanie w kosmetykach

Biosurfaktanty są stosowane w wielu typach kosmetyków, takich jak np. żele pod prysznic, szampony, kremy czy pasty do zębów. Sarna i in. [2018], stosując dodatek 5% laurylokarbaminianu inuliny do żelu pod prysznic zamiast powszechnie stosowanego anionowego surfaktantu – oksyetylenowanego laurylosiarczanu sodu (SLES), odnotowali zarówno w ocenie potencjału drażniącego, jak i pomiarze suchości skóry, że biosurfaktant nie oddziałuje negatywnie na proces mycia. Żel pod prysznic na bazie inuliny jest dużo bezpieczniejszy w stosowaniu niż preparat na bazie SLES.

Z kolei Resende i in. [2019], stosując biosurfaktanty produkowane przez *Pseudomonas aeruginos*a UCP 0992, *Bacillus metylotrophicus* UCP 1616 lub *Candida bombicola* URM 3718 do wytworzenia formulacji past do zębów, stwierdzili, że otrzymane preparaty nie były toksyczne. Pasty do zębów miały pH około 9, zdolność rozprzestrzeniania się między 8 a 17 mm i zdolność spieniania między 63 a 95%. Wszystkie preparaty hamowały żywotność komórek *Streptococcus mutans* w biofilmie, z podobnymi wynikami w porównaniu z testowaną handlową pastą do zębów. Podobnie Bouassida i in. [2017], dodając biosurfaktant izolowany z *Bacillus subtilis* SPB1 do pasty do zębów, wykazali, że biosurfaktant SPB1 jest równie skuteczny jak surfaktant chemiczny. Te wyniki potwierdziły więc możliwość jego wykorzystania w formulacji pasty do zębów. Uzyskane wyniki wykazały ponadto, że produkt na bazie biosurfaktantu wykazywał działanie przeciwdrobnoustrojowe przeciwko *Enterobacter* sp. i *Salmonella typhinirium*. Z kolei Das i in. [2013], badając biosurfaktant otrzymany z *Nocardiopsis* VITSISB jako alternatywę dla SDS w recepturze pasty do zębów, stwierdzili, że biosurfaktanty mogą zastąpić syntetyczne środki powierzchniowo czynne, takie jak SDS, ponieważ są bardziej skuteczne i jednocześnie mniej toksyczne.

Biosurfaktanty są ponadto stosowane w kosmetykach przeciwzmarszczkowych i tzw. *anti-aging*, takich jak np. przeciwstarzeniowy żel do twarzy, krem przeciwstarzeniowy czy kondycjonująca maska do włosów [Owen i Fan 2013a, 2013b]. Kitagawa i in. [2008] zastosowali biosurfaktant MEL jako składnik aktywny w kosmetykach do pielęgnacji skóry zapobiegający szorstkości skóry. Z kolei Piljac i Piljac [1999] opracowali produkt kosmetyczny w postaci maści, zawierający jeden lub więcej biosurfaktantów ramnolipidowych w ilości od 0,001% do 5% do leczenia oznak starzenia.

Desanto i in. [2008] zaproponowali zastosowanie 2% wodnego roztworu ramnolipidu wytwarzanego przez *P. aeruginosa* do wytwarzania szamponu. Uzyskane wyniki pokazały, że działanie przeciwbakteryjne tego biosurfaktantu pozostawiło skórę głowy bez zapachu przez trzy dni, przy jednoczesnym zachowaniu blasku włosów. Z kolei Cox i in. [2013] opatentowali łagodny preparat nadający się do mycia ciała, wykorzystujący biosurfaktant soforolipidowy w połączeniu z anionowym środkiem powierzchniowo czynnym. Preparat patentowy składał się z 1–20% soforolipidu, 1–20% chemicznego anionowego środka powierzchniowo czynnego, 0–10% środka powierzchniowo czynnego zwiększającego pienienie, 0–2% dodatkowego elektrolitu, 0–10% dodatkowych dodatków do detergentów i 40–98% wody.

Podsumowanie

Biosurfaktanty z uwagi na ich małą toksyczność i unikalne właściwości stają się coraz częstszym składnikiem szerokiej gamy kosmetyków. Dzięki ich łatwej biodegradacji mogą w przyszłości całkowicie zastąpić syntetyczne środki powierzchniowo czynne.

Bibliografia

Abdel-Mawgoud A.M., Aboulwafa M.M., Hassouna N.A.-H., 2008. Characterization of surfactin produced by *Bacillus subtilis* isolate BS5. Appl. Biochem. Biotechnol. 150, 289–303, https://doi.org/10.1007/s12010-008-8153-z

Anuradha S.N., 2010. Structural and molecular characteristics of lichenysin and its relationship with surface activity. Springer, New York, 304–315.

Aranda F.J., Teruel J.A., Ortiz A., 2005. Further aspects on the hemolytic activity of the antibiotic lipopeptide iturin A. Biochim. Biophys. Acta Biomembr. 1713, 51–56, https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2005.05.003

Bouassida M., Fourati N., Krichen F., Zouari R., Ellouz-Chaabouni S., Ghribi D., 2017. Potential application of *Bacillus subtilis* SPB1 lipopeptides in toothpaste formulation. J. Adv. Res. 8, 425–433, http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2017.04.002

Cox T.F., Crawford R.J., Lee G.G., Hosking S.L., Kotsakis P., 2013. Mild to the skin, foaming detergent composition. Patent US 8563490 B2.

Daverey A., Pakshirajan K., Sumalatha S., 2011. Sophorolipids production by *Candida bombicola* using dairy industry wastewater. Clean Technol. Environ. Policy 13, 481–488, https://doi.org/10.1007/s10098-010-0330-4

Das I., Roy S., Chandni S., Karthik L., Kumar G., Rao B.K.V., 2013. Biosurfactant from marine actinobacteria and its application in cosmetic formulation of toothpaste. Pharm. Lett. 5, 1–6.

Desanto K., 2008. Rhamnolipid-based formulations. Patent WO 2008013899 A2.

Eeman M., Olofsson G., Sparr E., Nasir M.N., Nylander T., Deleu M., 2014. Interaction of fengycin with stratum corneum mimicking model membranes: A calorimetry study. Colloids Surf. B: Biointerfaces, 121, 27–35, https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.05.019

EU, Commission Decision of 9 February 2006, amending Decision 96/335/EC, establishing an inventory and a common nomenclature of ingredients employed in cosmetic products, Off. J. Eur. Union L97, 1–528.

Fakruddin M., 2012. Biosurfactant: production and application. J. Pet. Environ. Biotechnol. 3, 124, https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000124

Fenibo E.O., Ijoma G.N., Selvarajan R., Chikere C.B., 2019. Microbial surfactants: The next generation multifunctional biomolecules for applications in the petroleum industry and its associated environmental remediation. Microorganisms 7, 581, https://doi.org/10.3390/microorganisms7110581

Ferreira A., Vecino X., Ferreira D., Cruz J.M., Moldes A.B., Rodrigues L.R., 2017. Novel cosmetic formulations containing a biosurfactant from *Lactobacillus paracasei*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 155, 522–529, https://doi.org/ 10.1016/j.colsurfb.2017.04.026

Gharaei-Fathabad E., 2011. Biosurfactants in pharmaceutical industry: a mini-review. Am. J. Drug Discov. Develop. 1, 58–69, https://doi.org/10.3923/ajdd.2011.58.69

Hait S.K., Moulik S.P., 2001. Determination of critical micelle concentration (CMC) of nonionic surfactants by donor-acceptor interaction with lodine and correlation of CMC with hydrophile-lipophile balance and other parameters of the surfactants. J. Surfactants Deterg. 4, 303-309, https://doi.org/10.1007/s11743-001-0184-2

Ishigami Y., Osman M., Nakahara H., Sano Y., Ishiguro R., Matsumoto M., 1995. Significance of sheet formation for micellization and surface adsorption of surfactin. Colloids Surf. B Biointerfaces 4, 341–348, https://doi.org/10.1016/0927-7765(94)01183-6

Kanlayavattanakul M., Lourith N., 2010. Lipopeptides in cosmetics. Int. J. Cosmet. Sci., 32, 1–8, https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2009.00543.x

Kim H.S., Jeon J.W., Kim S.B., Oh H. M., KwonT. J., Yoon B. D., 2002. Surface and physicochemical properties of a glycolipid biosurfactant, mannosylerythritol lipid, from *Candida antarctica*. Biotechnol. Lett. 24, 1637–1641, https://doi.org/10.1023/A:1020309816545

Kitagawa M., Suzuki M., Yamamoto S., Sogabe A., Kitamoto D., Imura T., Fukuoka T., Morita T., 2008. Skin care cosmetic and skin and agent for preventing skin roughness containing biosurfactants. Patent EP1964546 A1.

Kosaric N., Sukan F.V., 1993. Biosurfactants: production, properties and applications, 1st ed., CRC Press, Boca Raton.

Kronberg B., Holmberg K., Lindman B., 2014. Surface chemistry of surfactants and polymers. John Wiley & Sons Inc., https://doi.org/10.1002/9781118695968

Luna J.M., Rufino R.D., Takaki G.M.C., Sarubbo L.A., 2012. Properties of the biosurfactant produced by *Candida sphaerica* cultivated in low-cost substrates. Chem. Engin. Transact. 27, 67–72.

Marchant R., Banat I.M., 2012. Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants? Biotechnol. Lett. 34, 1597–1605, https://doi.org/10.1007/s10529-012-0956-x

Moldes A. B., Rodríguez-López L., Rincón-Fontán M., López-Prieto A., Vecino X., Cruz J. M., 2021. Synthetic and bio-derived surfactants versus microbial biosurfactants in the cosmetic industry: An overview. Int. J. Mol. Sci. 22(5), 2371, https://doi.org/10.3390/ijms22052371

Morita T., Fukuoka T., Imura T., Kitamoto D., 2013. Production of mannosylerythritol lipids and their application in cosmetics. Appl. Microbiol. Biotechnol. 97, 4691–4700, https://doi.org/10.1007/s00253-013-4858-1

Morita T., Fukuoka T., Imura T., Kitamoto D., 2015. Mannosylerythritol lipids: production and applications. J. Oleo Sci. 64, 133–141, https://doi.org/10.5650/jos.ess14185

Muthusamy K., Gopalakrishnan S., Ravi T.K., Sivachidambaram P., 2008. Biosurfactants: properties, commercial production and application. Current Sci. 25, 736–747.

Nitschke M., Sousa e Silva S., 2018. Recent food applications of microbial surfactants. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 58, 631–638, https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1208635

Owen D., Fan L., 2013a. Oligomeric biosurfactants in dermatocosmetic compositions. Patent US 8431523 B2.

Owen D., Fan L., 2013b. Polymeric biosurfactants. Patent US 8586541 B2.

Piljac T., Piljac G., 1999. Use of rhamnolipids in wound healing, treating burn shock, atherosclerosis, organ transplants, depression, schizophrenia and cosmetics. Patent WO1999043334 A1.

Resende A.H.M., Farias J.M., Silva D.D., Rufino R.D., Luna J.M., Stamford T.C.M., Sarubbo L.A., 2019. Application of biosurfactants and chitosan in toothpaste formulation. Colloids Surf. B Biointerfaces 181, 77–84, https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.05.032

Romsted L.S., 2014. Surfactant science and technology. Retrospects and prospects, CRC Press, Boca Raton.

Rosenberg E., Ron E.Z., 1999. High-and low-molecular-mass microbial surfactants. Appl. Microbiol. Biotechnol. 52, 154–162, https://doi.org/10.1007/s002530051502

Rufino R.D., de Luna J.M., de Campos Takaki G.M., Sarubbo L.A., 2014. Characterization and properties of the biosurfactant produced by *Candida lipolytica* UCP 0988. Electron. J. Biotechnol. 17, 34–38, https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2013.12.006

Sabturani N., Latif J., Radiman S., Hamzah A., 2016. Spectroscopic analysis of rhamnolipid produced by *Pseudomonas aeruginosa* UKMP14T. Mal. J. Anal. Sci. 20, 31–43, https://doi.org/10.17576/mjas-2016-2001-04

Saini H.S., Barragán-Huerta B.E., Lebrón-Paler A., Pemberton J.E., Vázquez R.R., Burns A.M., Marron M.T., Seliga C.J., Gunatilaka A.A.L., Maier R.M., 2008. Efficient purification of the

biosurfactant viscosin from *Pseudomonas libanensis* strain M9-3 and its physicochemical and biological properties. J. Nat. Prod. 71, 1011–1015, https://doi.org/10.1021/np800069u
Santos D.K.F., Rufino R.D., Luna J.M., Santos V.A., Sarubbo L.A., 2016. Biosurfactants: multifunctional biomolecules of the 21st century. Int. J. Mol. Sci. 17, 401, https://doi.org/10.3390/ijms17030401
Sarna K., Podkowa-Zawadzka I., Wasilewski T., Zięba M., Seweryn A., 2018. The usage of biosurfactants to make modern shower gels with a higher safety of usage. Zesz. Nauk. Akademii Morskiej w Gdyni 106, 23–28, https://doi.org/10.26408/106.02
Sobrinho H.B., Luna J.M., Rufino R.D., Porto A.L., Sarubbo L.A., 2013. Biosurfactants: Classification, properties and environmental applications. Recent Develop. Biotechnol. 11, 1–29.
Sreenu M., Nayak R.R., Prasad R.B.N., Sreedhar B., 2014. Synthesis, surface and micellar properties of sodium N-oleoyl amino acids. Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp. 449, 74-81, https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.02.037
Vecino X., Cruz J. M., Moldes A. B., Rodrigues L. R., 2017. Biosurfactants in cosmetic formulations: trends and challenges. Crit. Rev. Biotechnol. 37, 911–923, https://doi.org/10.1080/07388551.2016.1269053
Vijayakumar S., Saravanan V., 2015. Biosurfactants-types, sources and applications. Res. J. Microbiol. 10(5), 181–192, https://doi.org/10.3923/jm.2015.181.192

Streszczenie. Biosurfaktanty są związkami produkowanymi przez bakterie lub grzyby z różnych substratów, takich jak oleje, cukry, alkany czy odpady. Zbudowane są z części polarnej, którą może stanowić reszta cukrowa lub peptydowa oraz części niepolarnej, którą stanowią łańcuchy kwasów tłuszczowych. Podobnie jak surfaktanty syntetyczne biosurfaktanty obniżają napięcie powierzchniowe oraz zwiększają rozpuszczalność związków niepolarnych w rozpuszczalnikach polarnych. Biosurfaktanty są coraz częściej stosowane w różnego typu kosmetykach, takich jak kremy przeciwzmarszczkowe, szampony do włosów, żele pod prysznic czy pasty do zębów. Wykazują właściwości zbliżone do surfaktantów syntetycznych, ale są mniej toksyczne. Ponadto są łatwo rozkładane przez mikroorganizmy, a tym samym łatwo podlegają procesom biodegradradacji. Biosurfaktanty są zieloną alternatywę dla surfaktantów syntetycznych, które stanowią zagrożenie dla środowiska.

Słowa kluczowe: surfaktanty, glikolipidy, lipopeptydy, mikroorganizmy

Surowce zwierzęce wykorzystywane w kosmetyce

Agnieszka Kaliniak-Dziura[1]✉, Piotr Skałecki[1], Mariusz Florek[1], Piotr Domaradzki[1], Monika Kędzierska-Matysek[1], Anna Teter[1], Aneta Brodziak[1], Małgorzata Dmoch[1], Marek Kowalczyk[1], Barbara Topyła[1], Małgorzata Ryszkowska-Siwko[1], Monika Ziomek[2]

Surowce zwierzęce od momentu powstania gatunku *Homo sapiens* są wielokierunkowo wykorzystywane przez człowieka. Specyficzny skład chemiczny i właściwości sprawiają, że mają one szerokie zastosowanie nie tylko w produkcji żywności, lecz również w przemyśle kosmetycznym czy farmaceutycznym i innych branżach. Zarówno surowce pochodzenia zwierzęcego, jak również zwierzęta od dawna znajdowały szerokie zastosowanie w tradycyjnej farmacji i kosmetologii [Garasińska-Pryciak 2015, Dubiago i in. 2018].

Współczesna kosmetologia docenia surowce pochodzenia zwierzęcego ze względu na to, że można z nich wyizolować wiele substancji biologicznie czynnych, a następnie wykorzystać je jako naturalne składniki kosmetyków oraz w produkcji innowacyjnych i skutecznych preparatów kosmetycznych [Alves i in. 2017]. Dzięki właściwościom nawilżającym, odświeżającym i aseptycznym dodawane są do maseczek, kremów, toników, peelingów czy szamponów do włosów. Utrzymanie prawidłowego pH skóry zapobiega z kolei powstawaniu zmian skórnych [Żelaszczyk i in. 2012, Dubiago i in. 2018].

Celem pracy był przegląd aktualnej literatury na temat znaczenia i wykorzystania surowców pochodzenia zwierzęcego w kosmetyce.

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
[2] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Higieny Żywności Pochodzenia Zwierzęcego, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin
✉ agnieszka.kaliniak@up.lublin.pl

Ssaki (*Mammalia*)
Mleko

Mleko jest naturalną, płynną wydzieliną gruczołów mlecznych ssaków. Jest to mieszanina wieloskładnikowa, którą tworzą trzy fazy – emulsyjna (tłuszczowa), koloidalna (białkowa) i molekularna (laktoza i sole mineralne w stanie wodnego roztworu). Skład chemiczny mleka zależy od gatunku zwierzęcia. Mleko krowie zawiera średnio 87% wody, 4% tłuszczu, 3,5% białka (w tym 2,8% kazeiny i 0,7% białek serwatkowych), 4,7% laktozy oraz witaminy, składniki mineralne i enzymy [Król i in. 2014, Bekere i Husen 2020]. Mleko jest nie tylko odżywczym składnikiem codziennej diety, ale również pozytywnie wpływa na stan skóry. Składniki mleka silnie absorbują i zatrzymują wodę, co sprzyja utrzymaniu właściwego nawilżenia skóry i zapobiega degradacji komórek naskórka [Audic i in. 2003, Gilbert i in. 2012]. Właściwości te sprawiają, że mleko jest cennym składnikiem wielu produktów kosmetycznych, m.in. kremów do twarzy i ciała, mleczek oczyszczających oraz toników. Spośród obecnego w mleku kompleksu proteinowo-lipidowo-witaminowego w kosmetyce znajdują zastosowanie głównie białka mleka, ich hydrolizaty i koncentraty. Są one składnikami takich produktów, jak żele do mycia, szampony, kremy pielęgnacyjne, preparaty do utrwalania fryzur oraz środki oczyszczające i myjące [Majewska i in. 2010]. Kazeina jest stosowana jako środek powierzchniowo czynny w mydłach, balsamach do ciała, sprejach do włosów oraz kremach do rąk. Hydrolizaty kazeiny stosuje się w kosmetykach o właściwościach nawilżających [Cosentino i in. 2018]. Wykorzystanie frakcji białkowej mleka w produktach kosmetycznych przedstawiono w tabeli 1.

Na rynku kosmetycznym istnieje szereg produktów, w których składzie wykorzystano mleko innych gatunków. Mleko wielbłądzie odróżnia od mleka innych przeżuwaczy niska zawartość cholesterolu i laktozy, wysoka natomiast składników mineralnych (Na, K, Fe, Cu, Zn, Mg), witaminy C oraz białek o właściwościach przeciwbakteryjnych, tj. laktoferyny, laktoperoksydazy, immunoglobulin i lizozymu [Kumar i in. 2015]. Mleko wielbłądzie jest cenionym składnikiem kosmetyków ze względu na obecność kwasów α-hydroksylowych, które wygładzają drobne zmarszczki, usuwają zrogowaciały naskórek, plamy starcze, łagodzą suchość skóry [Kula 2016]. Mleko ośle łączy właściwości oczyszczające i nawilżające z działaniem antyoksydacyjnym, które zapobiega starzeniu się skóry. Tłuszcz mleka oślego odżywia skórę i nadaje jej miękkość. Właściwości pielęgnacyjne tego mleka doceniono już w starożytności. Królowa Kleopatra i jej damy korzystały z takich kąpieli, aby utrzymać skórę świeżą, elastyczną i pełną blasku [Bhardwaj i in. 2020]. Mleko ośle jest bogate w wita-

miny i wielonienasycone kwasy tłuszczowe, zawiera związki o działaniu przeciwstarzeniowym, antyoksydacyjnym i regenerującym [Aspri i in. 2016]. Kocic i in. [2020] wykazali, że zastosowanie w kremach pielęgnacyjnych na dzień i na noc nanoliposomów z odtłuszczonym mlekiem oślim zwiększyło ich działanie nawilżające oraz ograniczyło stopień utraty wody przez naskórek.

Tabela 1. Białka mleka jako składniki produktów kosmetycznych

Składnik	Wykorzystanie w produktach kosmetycznych	Stosowane stężenie (%)
Kazeina	składnik odżywczy szamponów do włosów, mydeł, dezodorantów	0,0075–2
Hydrolizat kazeiny	tusze do rzęs, spreje, szampony i toniki do włosów, produkty nawilżające i oczyszczające do twarzy	0,0007–0,75
Kazeinian sodu	olejki, kule, sole i mydła do kąpieli, płyn do demakijażu oczu, środki do trwałej ondulacji, szampony, środki oczyszczające do twarzy, maseczki pielęgnacyjne, produkty do ciała i rąk	0,0005–96,9
Hydrolizat białek mleka	kule i inne produkty do kąpieli, płyny do demakijażu oczu, wody toaletowe i kolońskie, szampony i odżywki do włosów, szminki, dezodoranty, kosmetyki pielęgnacyjne do ciała, twarzy, rąk, produkty nawilżające, odświeżające, na noc	0,00001–0,2
Białka serwatkowe	kule do kąpieli, płyny do demakijażu oczu, toniki do twarzy, odżywki do włosów, podkłady, mydła i produkty do kąpieli, dezodoranty, produkty odświeżające, do opalania, pielęgnacyjne do ciała, twarzy i rąk	0,0001–89,1
Hydrolizat białek serwatkowych	szampony i odżywki do włosów, produkty do pielęgnacji ciała, twarzy i rąk	0,5
Hydrolizat białek jogurtu	produkty pielęgnacyjne do ciała, twarzy i rąk, nie w formie proszku i spreju	0,02–0,1
Białka mleka	tusze do rzęs, szampony i odżywki do włosów, pudry do twarzy, szminki, kremy do golenia, kremy do opalania	0,0002–0,88
Ekstrakt białek mleka	produkty do pielęgnacji ciała i rąk	0,0015

Oprac. na podst.: Belsito 2017.

W kosmetyce popularne jest również mleko kozie, charakteryzujące się wyższą niż mleko krowie zawartością krótko- i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, w tym zwłaszcza kapronowego, kaprylowego i kaprynowego. Kwas kaprylowy jest szczególnie cennym składnikiem tego mleka, wykazuje bowiem działanie regenerujące. Niewielkie rozmiary kuleczek tłuszczowych mleka koziego umożliwiają ich penetrację do skóry właściwej, co daje jej nawilżenie, odpowiednią jędrność i młody wygląd. Ferreira i in. [2003] wykazali korzystny wpływ balsamu składającego się z mieszaniny kwasów linolowego i kaprylowego, witamin A i E oraz lecytyny sojowej na przebieg regeneracji skóry po oparzeniu.

Oprócz mleka składnikami kosmetyków i środkami pielęgnującymi mogą być: siara (określana jako *colostrum*), tj. gęsta, żółta wydzielina wytwarzana w czasie pierwszych dni laktacji przed mlekiem, a także serwatka, będąca produktem ubocznym przy produkcji serów. Serwatka stanowi doskonały przykład naturalnego surowca stosowanego w kosmetologii, charakteryzującego się bogactwem składników, w tym głównie białek serwatkowych, tj. α-laktoalbuminy (α-La), β-laktoglobuliny (β-Lg), krowiej albuminy surowiczej (BSA – z ang. *bovine serum albumin*), immunoglobulin, laktoferyny, lizozymu, laktoperoksydazy oraz proteozo-peptonów. Białka te są źródłem aminokwasów (zwłaszcza lizyny, leucyny, izoleucyny oraz treoniny i tryptofanu) oraz peptydów. Spełniają także rolę nośnika niektórych witamin (w tym witaminy E, określanej mianem „witaminy młodości", głównego przeciwutleniacza w mleku) oraz składników mineralnych, m.in. wapnia, magnezu, cynku i kobaltu. Zalety serwatki, podobnie jak mleka, są znane i cenione od setek lat. W zapisach historycznych znaleziono informacje o promowaniu zdrowotnych właściwości serwatki przez Hipokratesa (460–377 p.n.e.). W starożytnym Rzymie wśród uboższych Rzymianek dość popularne były kąpiele w serwatce [Król i in. 2014]. Charakterystyczną cechą białek serwatkowych jest zdolność tworzenia pian i emulsji, co wynika z naturalnej skłonności białek do obniżania napięcia powierzchniowego, adsorbowania się na granicy faz i wytwarzania zwartej warstwy wokół pęcherzyków powietrza czy kropelek oleju. Wśród białek serwatkowych doskonałymi właściwościami pianotwórczymi odznacza się β-Lg. Ponadto białka serwatki, zwłaszcza β-Lg, wykazują najwyższy status antyoksydacyjny spośród wszystkich znanych białek [Audic i in. 2003, Majewska i in. 2010, Król i in. 2014]. Dlatego też znalazły uznanie w kosmetologii. Działają wzmacniająco oraz osłaniająco na skórę i włosy, zapobiegają nadmiernej utracie wody, wygładzają powierzchnię włosa i poprawiają jego kondycję. Wchodzą w skład wielu kosmetyków, w tym kremów, płynów, szamponów, odżywek, masek czy pianek. Dodatek serwatki wpływa korzystnie na właściwości użytkowe kosmetyków do pielęgnacji włosów, tj. możliwość pienienia, trwałość piany czy lepkość [Kalicka i Grega 2009,

Król i in. 2014]. Należy podkreślić, że w ostatnich latach asortyment produktów kosmetycznych zawierających składniki mleka zwiększa się dynamicznie.

Tłuszcze zwierzęce

Tłuszcze (triacyloglicerole) to duża i zróżnicowana pod względem chemicznym grupa lipidów. Rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych, natomiast w wodzie są nierozpuszczalne. Występują we wszystkich organizmach zwierzęcych, w których pełnią rolę zapasowego materiału energetycznego i wchodzą w skład błon biologicznych. Lipidy błon naturalnych mają w swojej cząsteczce fragmenty hydrofilowe i hydrofobowe, dlatego ich charakter określa się jako amfifilowy. Taką budowę ma większość lipidów występujących w naturze, co zapewnia możliwość tworzenia się przestrzeni, a to sprzyja spontanicznemu formułowaniu się dwuwarstw lipidowych [Wiśniewska i in. 2019]. Pełnią rolę izolacyjną i ochronną zarówno u roślin, jak i u zwierząt (woski), zaś na skórze człowieka tworzą warstwę hydrolipidową. Głównym składnikiem tłuszczów naturalnych są triacyloglicerole, które wykazują większe powinowactwo do skóry niż oleje mineralne bądź silikony. Wynika to z ich struktury i funkcji, które są zbliżone do substancji budujących skórę. Z tego powodu tłuszcze naturalne, zewnętrznie podawane na skórę wykazują aktywność dermatologiczną, umożliwiającą ochronę organizmu przed utratą wody. Regenerują uszkodzoną barierę lipidową naskórka i wpływają odmładzająco na wygląd skóry. Dodatkowo faza lipidowa pełni funkcję nośnika substancji aktywnych, które poprawiają kondycję skóry, ponieważ przenikają do jej głębszych warstw [Marzec 2009].

Tłuszcze i preparaty tłuszczowe zaliczane są do podstawowych składników stosowanych w kosmetyce i przemyśle kosmetycznym. Najczęściej stanowią fazy tłuszczowe, niezbędne do wytwarzania emulsji, bazy sztyftów, emulgatory i koemulgatory czy też składniki konsystencjotwórcze.

Tłuszcze zwierzęce zazwyczaj występują w postaci stałej (masło, łój, smalec, słonina). Wyjątkiem jest tran, który ma konsystencję płynną. Jednakże ze względu na obecność głównie nasyconych i mononienasyconych kwasów tłuszczowych ich zastosowanie w produkcji preparatów kosmetycznych jest dużo mniej popularne niż tłuszczów pochodzenia roślinnego [Chrząstek i in. 2015, Molski 2009].

Smalec wieprzowy do celów kosmetycznych wytapiany jest ze świeżego, niesolonego tłuszczu wieprzowego, zlokalizowanego wokół jelit i nerek zdrowych świń. Jest to dobry tłuszcz kosmetyczny, łatwo się wchłania, łagodzi podrażnienia skóry, wygładza zmarszczki, ponieważ jego budowa jest podobna do

budowy lipidów skóry [Sosada i in. 2009]. Smalec jest stosowany jako surowiec do otrzymywania maści. Stanowi w nich podłoże tłuszczowe, do którego wprowadzane są substancje lecznicze oraz środki konserwujące, zapobiegające jełczeniu tłuszczów. Podłoża maściowe i ich składniki, posiadają zazwyczaj największy udział w gotowym produkcie. Odgrywają zasadniczą rolę jeśli chodzi m.in. o szybkość i głębokość przenikania substancji leczniczych. Stanowią nośnik, w którym umieszczane są substancje aktywne. Nie powinny jednak wywierać własnego działania leczniczego ani wchodzić w interakcje z zawartymi w nich lekami. Podłoża tłuszczowe powinny być natomiast trwałe z fizykochemicznego punktu widzenia. Dodatkowo muszą posiadać odpowiednią konsystencję, co rzutuje na ich właściwości reologiczne, takie jak: granica płynięcia i lepkość plastyczna, czyli rozsmarowywalność, jak również przyczepność do skóry czy błon śluzowych [Figiel i Kwiecień 2010]. Smalec wieprzowy wchodzi w skład m.in. maści kamforowo-ichtiolowych, które są stosowane w leczeniu odmrożeń skóry [Marzec 2009].

Lanolina

Lanolina jest naturalnym surowcem pochodzenia zwierzęcego, gdyż pozyskuje się ją z wełny owcy po jej zestrzyżeniu. W skład owczego runa potnego wchodzi substancja włosowa, tłuszczopot oraz składniki pochodzenia zewnętrznego – woda i zanieczyszczenia. Tłuszczopot powlekający rosnące włosy chroni je przed splątaniem, filcowaniem, wysuszeniem, urazami mechanicznymi, jak również działaniem czynników atmosferycznych, tj. słońca, wiatru czy deszczu. Surowa lanolina stanowi około 5–25% masy świeżo ostrzyżonej wełny i jest produktem ubocznym przy przygotowywaniu wełny do dalszej obróbki [Dixit 2001, Sengupta i Behera 2014, Zakaria El-Sayed i in. 2018]. Lanolina zaliczana jest do wosków. Głównymi jej składnikami są estry, diestry i hydroksyestry wyższych kwasów tłuszczowych i wyższych alkoholi oraz steroli, gdyż stanowią od 87% do 93,5%. W jej składzie możemy również wyróżnić wolne kwasy (<0,5%), węglowodory (< 0,1%) i alkohole (6,0–12,5%) [Faure 2019].

Niewątpliwą zaletą lanoliny jest jej wielokierunkowe działanie kosmetyczne. Jej zastosowanie może ograniczać liczbę komponentów receptur, tym samym wpisując się w trend pożądanych przez odbiorców naturalnych i prostych kosmetyków. W przeszłości lanolina była uważana za produkt alergenny. Obecnie potencjał uczuleniowy jest niski, co związane jest z udoskonalaniem procesu jej oczyszczania. W trakcie obróbki z surowca usuwane są alergenne pestycydy i detergenty, a zawartość wolnego alkoholu tłuszczowego zostaje

obniżona do minimum, tj. z ok. 10% do poniżej 3%. Lanolina chętnie wykorzystywana jest zarówno przez przemysł kosmetyczny, jak i farmaceutyczny. Jako składnik kosmetyków stosuje się wyłącznie lanolinę oczyszczoną, tj. bezwodną (*Lanolinum anhydricum*) lub uwodnioną (*Lanolinum hydricum*) [Dixit 2001, Becker i in. 2018].

Wykorzystywanie lanoliny jest bardzo szerokie. W kremach do skóry znajduje zastosowanie jako emulgator, stabilizator, emolient i nawilżacz, zaś w balsamach do skóry jako środek nawilżający i kontrolujący lepkość. Przyczynia się do regeneracji keratynocytów, redukcji reakcji przeciwzapalnych skóry, znacząco wzmacnia naturalną barierę ochronną skóry i wspiera walkę z zakażeniami bakteryjnymi [Faure 2019]. Wykorzystywana jest w mydłach toaletowych jako środek przetłuszczający, minimalizuje odwadniające działanie detergentów i utrzymuje zapach. Stosowana jest w szamponach i jako odżywka przeciw wysuszaniu i łamliwości włosów [Dixit 2001, Sengupta i Behera 2014].

Właściwości użytkowe lanoliny mogą być modyfikowane chemicznie, poprzez hydrolizę, uwodornienie, alkoksylowanie, acetylowanie i transestryfikację. W procesie hydrolizy powstają dwie frakcje − alkoholi i kwasów lanolinowych. W kosmetyce najpowszechniej stosowane są alkohole lanolinowe określane jako euceryt. Farmakopea Polska podaje, że euceryt (6 cz.) zmieszany z wazeliną (93,5 cz.) i alkoholem cetostearylowym (0,5 cz.) daje maść eucerynową I, stosowaną jako baza kremów oraz maści. Wysoka zawartość lanosterolu i cholesterolu w alkoholu lanolinowym odpowiada w największym stopniu za właściwości absorpcyjne wody. Naniesienie na skórę dużej ilości cholesterolu wzmacnia jej barierę ochronną, zwłaszcza u osób starszych z niedoborem tego składnika. Euceryt stanowi dobry emulgator i stabilizator w emulsjach kosmetycznych [Dixit 2001, Faure 2019]. Lanolina modyfikowana jest składnikiem preparatów zapobiegających oparzeniom, płynów tonizujących i ściągających oraz płynów przed i po goleniu, ułatwia rozpuszczanie olejków eterycznych oraz perfum.

Odzwierzęce substancje zapachowe

W świecie zwierzęcym znaleźć można również liczne substancje o charakterze zapachowym, które w naturze pełnią rolę wabiącą, odstraszającą lub alarmującą. Wydzieliny niektórych zwierząt wykorzystywane są przez człowieka w kompozycjach zapachowych jako substancje zapachowe i utrwalacze (fiksatory). Zaliczmy do nich m.in. piżmo, cywet, kastoreum i ambrę.

Piżmo pozyskiwane jest z gruczołów przyodbytniczych jelenia piżmowego (*Maschus moschiferus*). Zawiera do 2% olejku piżmowego, którego składnikami

zapachowymi są: muskon (3-α-metylocyklopentadekanon, $C_{16}H_{30}O$), muskopirydyna, metylocyklo-pentadecenon oraz cholesterol, androsteron i dehydroepiandosteron. W wydzielinie gruczołów szczura piżmowego występują również związki o zapachu piżma, tj. 6-cykloheptadekanon (41%), cyklopentadekanon – egzalton (21%) oraz (Z)-5-cykloheptadecenon (10%).

Cywet (cybet) jest wydzieliną gruczołu przyodbytniczego samic i samców kota z rodziny łasz (*Viverra civetta*, *Viverra zibetha*) zwanego cywetem. Surowy cywet ma zapach nieprzyjemny, pochodzący od skatolu (3-metylo-1H-indol). Jednakże jego podstawowym składnikiem jest (Z)-cykloheptadec-9-enon – zwany cywetonem. Cyweton rozpuszczony w alkoholu charakteryzuje się zapachem piżmowo-cywetowym, jest komponentem oraz utrwalaczem perfum.

Kastoreum (bobrowy strój) pochodzi z gruczołów okołoodbytowych bobra z gatunku *Castor fiber* lub *Castor canadensis*. Jego głównym aromatycznym składnikiem jest heteropolicykliczna kastoramina oraz fenole (p-etylofenol), alkohole (alkohol benzylowy), ketony (acetofenon) i kwasy (głównie benzoesowy i salicylowy). Ekstrakt alkoholowy z kastoreum zawierający kastoraminę w dużym rozcieńczeniu ma zmysłowy, słodkawy zapach.

Ambra jest wydzieliną przewodu pokarmowego kaszalota spermacetowego (*Physeter macrocephalus*). Jej głównym składnikiem jest bezwonny, triterpenowy alkohol – ambreina, stanowiąca od 25% do 45%. W skład ambry wchodzą również terpeny i steroidy, natomiast w skład utlenionej ambry m.in. takie związki, jak dyhydro-γ-jonon, aldehyd α-ambronal, bicykliczny alkohol α-ambrinol oraz tricykliczny eter Ambrox (tetrametylofuranodekalina). Ekstrakt etanolowy ambry jest utrwalaczem kompozycji zapachowych w luksusowych perfumach [Schroeder 2011].

Ptaki (*Aves*)
Jaja

Jaja wykorzystywane są w przemyśle kosmetycznym, tak samo jak w żywnościowym, farmaceutycznym i chemicznym, ze względu na wysoką zawartość substancji biologicznie aktywnych, takich jak:

– proteiny białka jaja (owoalbumina, owotransferyna, owomukoid, lizozym, owomucyna, cystatyna, awidyna),

– proteiny żółtka (lipoproteiny, foswityna, immunoglobuliny),

– lipidy żółtka (kwasy tłuszczowe, lecytyna, cholina, ksantofile – luteina i zeaksantyna),

– witaminy i związki mineralne [Gołąb i Warwas 2005, Kijowski i in. 2013].

Owoalbumina jest największą ilościowo frakcją białkową i stanowi 54% wszystkich protein jaja kurzego. Jest to naturalny biopolimer będący nośnikiem zapachów, przeciwutleniaczy i substancji antybakteryjnych stosowanych w żywności [Trziszka 2000] i kosmetykach.

Główną funkcją owotransferyny (12% protein białka) jest wiązanie jonów Fe^{3+}, Cu^{2+} i Al^{3+}. Związane jony żelaza są trudno dostępne dla drobnoustrojów, dlatego owotransferyna wraz z lizozymem, nystatyną i awidyną są komponentami bakteriostatycznymi jaja [Superti i in. 2007].

Białko jaja kurzego jest również głównym źródłem lizozymu (muramidazy), enzymu z klasy hydrolaz. Jego działanie polega na katalizie rozkładu uraminy – peptydoglikanu, który jest składnikiem budulcowym bakteryjnych ścian komórkowych. Łańcuch białkowy tworzy 129 reszt aminokwasowych. Muramidaza ma działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe i przeciwzapalne. Wymienia się trzy postaci lizozymu obecne u organizmów zwierzęcych: typ c (z ang. *chicken, conventionaltype*; tzw. typ kurzy), typ g (z ang. *goosetype*; tzw. typ gęsi), a także obecny m.in. w organizmach bezkręgowców typ i (z ang. *inverterbratetype*). Modelem w badaniach nad strukturą i funkcją lizozymu jest jest typ c. Lizozym znajduje zastosowanie w medycynie, kosmetologii czy przemyśle spożywczym [Andrzejczak 2016].

Cystatyna charakteryzuje się dużą termo- i pH-stabilnością. Nie traci aktywności podczas 30-minutowej inkubacji w temperaturze 100°C i jest stabilna w szerokim zakresie pH. Może być stosowana jako składnik gum do żucia, past do czyszczenia zębów i płynów do płukania jamy ustnej [Kopeć 2000]. Ponadto hamuje rozwój proteaz cysteinowych wydzielanych przez wirusy, stąd możliwość jej wykorzystania w preparatach wirusobójczych [Wesierska i in. 2005].

Awidyna stanowi jedynie 0,05% zawartości białka jaja. Trwale wiąże biotynę niezbędną do wzrostu wielu drobnoustrojów, dlatego traktowana jest jako naturalny czynnik przeciwbakteryjny. Awidyna jest również jedynym białkiem jaja zawierającym w cząsteczce kwasy nukleinowe [Stevens 1991].

Owomucyna stanowi 1,5–3,5% wszystkich protein w białku. Wytrąca się podczas rozcieńczania białka wodą lub po obniżeniu pH do 4,0. Odpowiada za lepkość białka jaja i utrzymanie prawidłowej struktury. Może tworzyć duże agregaty oraz łączyć się z innymi białkami, np. z lizozymem. Trwałość tych kompleksów maleje wraz ze wzrostem pH i jest najmniejsza przy pH 10,4–10,7 [Stevens 1991, Trziszka 2000].

Lipoproteiny, będące główną frakcją białkową żółtka, zawierają około 20% lipidów, z których 40% to triacyloglicerole, a 60% fosfolipidy (głównie fosfatydylocholina i fosfatydyloetanoloamina). Fosfolipidy są bardzo ważnymi związkami z farmaceutycznego i kosmetologicznego punktu widzenia, gdyż są wyko-

rzystywane do produkcji liposomów, tj. kulistych pęcherzyków przenoszących substancje lecznicze w farmaceutykach [Trziszka 2000] lub związki aktywne w kosmetykach.

Foswityna to kolejne białko żółtka powstające z dużej cząsteczki prekursorowej − witellogeniny. Szacuje się, że 80% fosforu znajdującego się w żółtku pochodzi właśnie od foswityny. Ta bardzo łatwo tworzy związki kompleksowe z lipowiteliną, występującą w żółtku, oraz z jonami metali Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}. Foswityna jest nośnikiem jonów Ca^{2+} i Fe^{2+} oraz wiąże prawie całe żelazo zawarte w żółtku, co decyduje o jej właściwościach antyoksydacyjnych. Charakterystyczną cechą tego białka jest duża zawartość seryny (54%) oraz brak metioniny, tryptofanu czy tyrozyny. Białko ma bardzo dobre właściwości emulgujące i stabilizujące emulsje [Kopeć 2000, Anton 2007].

Immunoglobuliny to specyficzne dla naturalnego jaja przeciwciała, w którym występują w znacznych ilościach [Palaniyappan 2012]. Pozyskuje się je od immunizowanych kur niosek – pojawiają się w żółtku jaja i stamtąd są izolowane [Schade 2007].

Lecytyna zaliczana jest do fosfolipidów. Odgrywa istotną rolę w tworzeniu biologicznych ścian komórkowych oraz we właściwym transportowaniu przez nie określonych składników. Jest naturalną substancją powierzchniowo aktywną, co ma zastosowanie w przemyśle kosmetycznym. Żółtko zawiera ok. trzykrotnie więcej łatwo przyswajalnej lecytyny niż soja. W skład lecytyny, a także sfingomieliny, wchodzi cholina. Jej bogatym źródłem również jest żółtko – zawiera 280 mg tej substancji, głównie fosfatydylocholinę. Cholina bierze udział w transporcie ważnych składników w organizmie człowieka oraz w funkcjonowaniu wszystkich komórek [Kijowski i in. 2013].

Ksantofile to biologicznie aktywne substancje należące do karotenoidów, w które niezwykle zasobne jest żółtko jaja. Pełnią funkcję przeciwutleniającą, chroniąc komórkę przed szkodliwym działaniem reaktywnych form tlenu [McNamara 2006]. Ksantofile, takie jak luteina i zeaksantyna, mają istotne znaczenie w profilaktyce postępującego pogorszenia widzenia i innych chorobach oczu, zmniejszają ryzyko wystąpienia degeneracji plamki żółtej oka – głównej przyczyny utraty wzroku. Luteina pochodząca z jaja jest trzykrotnie lepiej przyswajalna niż pochodząca z innych źródeł [Handelman i in. 1999].

Jaja są źródłem niemal wszystkich witamin, z wyjątkiem witaminy C. Zawierają szczególnie dużo witamin rozpuszczalnych w tłuszczach żółtka, tj. A, D, K oraz witaminę E, która należy do najbardziej skutecznych naturalnych przeciwutleniaczy, a jej zawartość w żółtku jest znacząca. Jaja są również dobrym źródłem witamin z grupy B: B_1, B_2, B_6, B_{12}, kwasu pantotenowego, niacyny, kwasu foliowego i biotyny [Sirri i Barroetta 2007].

W jaju występują stosunkowo łatwo przyswajalne z naturalnych połączeń organicznych cenne pierwiastki, takie jak: fosfor, selen, żelazo, cynk, stanowiące odpowiednio 16%, 29%, 9% i 9% rekomendowanego dziennego pobrania. Związki mineralne izolowane są również ze skorupy jaj, która po odpowiednim spreparowaniu stanowi źródło przyswajalnego wapnia stosowanego w preparatach farmaceutycznych [Nys i Gautron 2007].

Ryby (*Pisces*)

Ryby są ważnym źródłem surowców wykorzystywanych w kosmetyce, takich jak wątroba, skóra, kości, ikra czy łuski. Większość ryb gromadzi kwasy tłuszczowe w lipidach tkanki mięśniowej, natomiast niektóre gatunki, takie jak dorsz i rekin, kumulują te związki w jamie ciała i narządach wewnętrznych, np. w wątrobie. Zawartość tłuszczu w wątrobie ryb przekracza niejednokrotnie 50%, a u ryb morskich około 2/3 tej ilości stanowią kwasy tłuszczowe [Guil-Guerrero i in. 2011, Dernekbaşı 2012].

Z wątroby ryb dorszowatych pozyskuje się olej rybi, z którego po odpowiedniej obróbce uzyskuje się tran. Nazwa „tran" zarezerwowana jest wyłącznie do ciekłego tłuszczu otrzymywanego ze świeżej wątroby dorsza atlantyckiego (*Gadusmorhua*) lub innych ryb z rodziny dorszowatych (*Gadidae*) [Cieśla i Śliwiński 2011, Materac i in. 2013]. Jest to bezbarwna, żółta lub brunatna ciecz o charakterystycznym aromacie. Zapach ten jednak zostaje zniwelowany po utwardzeniu i wówczas tran wykorzystywany jest jako surowiec do wyrobu mydła. Stosowany jest także do produkcji kredek do ust oraz drogich specjalistycznych kosmetyków, np. do teatralnego makijażu. Tran jest cennym surowcem w medycynie i kosmetyce. Dzięki zawartości witaminy D_3 ma zastosowanie w leczeniu i zapobieganiu krzywicy. W dermatologii wykorzystuje się go do leczenia oparzeń, odmrożeń, odleżyn, wrzodów oraz trudno gojących się ran [Kucia 2017].

Trany lecznicze zawierają substancje biologicznie czynne, takie jak retinol (witamina A), kalcyferol (witamina D_3), nienasycone kwasy tłuszczowe i ich glicerydy, brom oraz jod. Wśród najważniejszych polinienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) znajdują się: kwas dokozaheksaenowy (DHA) i eikozapentaenowy (EPA). Kwasy te w ostatnich latach budzą bardzo duże zainteresowanie przemysłu kosmetycznego [Kucia 2017]. Mają one ogromne znaczenie w utrzymaniu prawidłowego nawilżenia skóry. Bariera ochronna, jaką stanowi skóra, utrzymuje równowagę między środowiskiem wewnętrznym, a zewnętrznym organizmu. Mimo iż jest stosunkowo cienka, jeśli jest zdrowa, doskonale spełnia swoje funkcje ochronne. Jest to możliwe dzięki warstwie rogowej na-

skórka, która charakteryzuje się specyficzną strukturą. Znaczącą rolę pełnią tutaj lipidy oraz keratynocyty mające ogromny wpływ na utrzymanie właściwego nawilżenia skóry [Bojarowicz i Woźniak 2008].

Kwasy PUFA są także prekursorami prostaglandyn, działających regulująco, przeciwalergicznie i przeciwzapalnie na skórę. Wykazują aktywność dermatologiczną i kosmetyczną zarówno podawane wewnętrznie do spożycia, jak i zewnętrznie na skórę. Chronią organizm przed utratą wody, regenerują uszkodzoną barierę lipidową naskórka, wpływając tym samym odmładzająco na cały organizm i skórę [Marzec 2009]. Kwasy DHA i EPA stosowane zewnętrznie w kosmetykach pełnią rolę odżywczą warstwy rogowej naskórka, ponieważ łatwo wbudowują się w „trójglicerydy skóry". W świetle najnowszych badań, oleje rybne mogą być także stosowane w leczeniu atopowego zapalenia skóry [Wilkowska 2021].

Z wątroby rekinów pozyskuje się skwalen, który jest triterpenem, będącym m.in. składnikiem płaszcza lipidowego ludzkiej skóry [Gershbein i Singh 1969, Passi i in. 2002, tab. 2]. Poza wątrobą rekinów, skwalen występuje również w wątrobach innych gatunków ryb morskich oraz olejach roślinnych [Huang i in. 2009]. Wykazuje wysoką biozgodność z łojem wydzielanym przez skórę człowieka, ma właściwości antybakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwutleniające – jest bowiem mało podatny na peroksydację i wydaje się działać w skórze jako wygaszacz tlenu singletowego. Chroni powierzchnię skóry przed promieniowaniem UV i innymi źródłami uszkodzeń oksydacyjnych oraz zmniejsza powstawanie rumienia [Marwicka i in. 2015]. Skwalen jest efektywnym emolientem, który pomaga zregenerować skórę, przywracając jej elastyczność bez pozostawiania tłustych pozostałości. Wykazuje również właściwości nawilżające. Przykłady jego wykorzystania w kosmetyce to m.in. emolienty, kremy nawilżające i regenerujące oraz emulsje lipidowe [Huang i in. 2009].

Tabela 2. Skład płaszcza lipidowego ludzkiej skóry

Substancja	Udział (%)
Estry woskowe	25
Skwalen	13
Cholesterol	2
Di- i triacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe	57
Inne składniki	3

Oprac. na podst.: Huang i in. 2009.

W kosmetyce wykorzystuje się również oleje skwalenowe, będące bogatym źródłem witamin A, D i E. Oleje te pełnią funkcję środków gojących i przeciwrodnikowych [Martini 2009].

Skóra, kości, płetwy czy łuski jako produkty uboczne ryb mogą stanowić źródło kolagenu [Kim i Mendis 2006]. Kolagen i żelatyna ze względu na ich rolę i zgodność z żywym organizmem są szeroko stosowane jako biomateriały w przemyśle medycznym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Kolagen uzyskiwany z ryb stosuje się do opatrunków na blizny po oparzeniach, trudno gojące się rany, w kuracjach wspomagających leczenie nowotworów, paradontozy, alergii, chorób skóry, obrzęków, stanów zapalnych stawów. W dermatologii estetycznej kolagen pochodzenia rybnego wykorzystywany jest w preparatach zapobiegających starzeniu się skóry. Specjaliści uważają, że ze względu na swoją budowę wykazuje on znaczne podobieństwo do kolagenu ludzkiego, co decyduje o przydatności preparatów z tym składnikiem. Kolagen może być stosowany do kosmetyków higieny osobistej jako składnik formulacji kosmetycznych [Guillerme 2017, Siahaan i in. 2017], jednak większe znaczenie ma w produkcji kosmetyków przeciwzmarszczkowych [Xhauflaire-Uhoda 2008, Hayashi 2011]. Od dawna jest znany i stosowany w opracowywaniu preparatów kosmetycznych jako naturalny składnik nawilżający [Morgantii i in. 1986, Peng i in. 2004] o wysokim powinowactwie do skóry [Peng i in. 2004]. Do zastosowań kosmetycznych używany jest głównie kolagen pochodzący ze skór rybich. Ze względu na wysoką masę cząsteczkową nie przenika przez naskórek, za to działa na powierzchni skóry – ogranicza transepidermalną utratę wody przez tworzenie hydrofilowego filmu, chroni przez częściowe niwelowanie aktywności anionowych środków powierzchniowo czynnych [Żelaszczyk i in. 2012] oraz, w przypadku zranionej tkanki, przed infiltracją mikrobiologiczną [Kim i in. 2013]. Hydroliza kolagenu do krótkich peptydów i polipeptydów zwiększa jego rozpuszczalność i ułatwia wprowadzenie do wielu form kosmetycznych. Hydrolizaty kolagenowe są zdolne do penetracji skóry i przenikania do jej głębszych warstw. W formulacjach kosmetycznych wykorzystuje się je najczęściej jako:

– wypełniacze tkankowe w postaci iniekcji, zaliczane do kategorii wyrobów medycznych (*medical devices*) przez amerykańską Agencję Żywności i Leków (Food and Drug Administration),

– suplementy diety zawierające kolagen oraz jego hydrolizaty stosowane doustnie,

– preparaty w postaci kremów, żeli czy też masek do aplikowania na skórę [Żelaszczyk i in. 2012].

Mięczaki (*Mollusca*)

Wśród zwierząt wodnych, będących źródłem surowców kosmetycznych, szczególnym zainteresowaniem producentów i przetwórców cieszą się małże, należące do rodziny perłopławów. Wynika to z faktu, że surowcem o istotnym znaczeniu w kosmetyce są perły i muszle pozyskiwane głównie od przedstawicieli gatunków *Pinctada maxima* i *Pinctada margaritifera* [Kieltyka-Dadasiewicz i Gorzel 2015]. Perły powstają w płaszczu muszli tych perłopławów jako efekt reakcji na ciało obce, np. ziarna piasku, które przedostają się do wnętrza muszli. Pod względem chemicznym perły są zbudowane zarówno z nieorganicznych soli, głównie występującego w formie aragonitu lub kalcytu węglanu wapnia, jak i związków organicznych w tym białek, chityny czy kwaśnych glikoprotein [Chen i in. 2019].

W praktyce kosmetycznej są stosowane zarówno perły, jak i macica perłowa, nazywana też masą perłową, która występuje w wewnętrznej warstwie muszli perłopławów. Jako surowiec kosmetyczny ma postać białego matowego proszku, który jest wykorzystywany między innymi w peelingach i maseczkach. Bardziej ekskluzywnym surowcem jest proszek perłowy, uzyskiwany po mikronizacji pereł (w procesie rozdrobnienia do odpowiedniej wielkości cząstek), który stanowi składnik kosmetyków do pielęgnacji twarzy i makijażu. Proszek perłowy może być wykorzystywany również w formie hydrolizatu, który wchodzi w skład preparatów do pielęgnacji włosów (szampony, odżywki), jak i środków do utrzymania odpowiedniego stanu skóry twarzy (kremy, maseczki, toniki) [Ratz-Łyko 2013]. Cenionym z perspektywy kosmetologii surowcem są także pozyskiwane od małży muszle, które po odpowiedniej obróbce technologicznej, są także wykorzystywane w formulacji produktów kosmetycznych.

Muszle, perły i masa perłowa, wykazują właściwości regenerujące, złuszczające, liftingujące i rozjaśniające skórę, co wykorzystywano już w czasach starożytnych jako składnik produktów do pielęgnacji w Egipcie i Chinach [Shao i in. 2010, Yu i in. 2017, Nigro i in. 2018]. Również współcześnie surowce te znajdują zastosowanie zarówno w szeroko rozumianej talasoterapii, kosmetologii, jak i medycynie estetycznej [Kieltyka-Dadasiewicz i Gorzel 2015]. Stosuje się je w takich preparatach, jak środki do kąpieli, peelingi, maski, kremy przeciwstarzeniowe czy też kosmetyki kolorowe. Dodatek pereł do preparatów kosmetycznych ma m.in. za zadanie nadać im efekt nawilżający, który jest osiągany poprzez zmniejszenie przeznaskórkowej utraty wody i wzrost uwodnienia skóry. Surowce pozyskiwane od perłopławów są także wykorzystywane w preparatach do pielęgnacji włosów ze względu na działanie kondycjonujące [Ratz-Łyko 2013].

Wysoka skuteczność regeneracyjnego i odżywczego działania pereł i masy perłowej na skórę człowieka sprawia, że są składnikiem kosmetyków przeciwstarzeniowych [Kucia 2017]. Jednym z mechanizmów, który opóźnia procesy starzenia, jest wspomniany efekt nawilżający, zapewniający optymalne nawodnienie skóry. Czynnikiem prowadzącym do starzenia się skóry jest aktywność rodnikowa. Ekspozycja skóry na promieniowanie UV oraz kontakt ze związkami chemicznymi, zawartymi np. w dymie papierosowym, są czynnikami które mogą wpływać na generowanie wolnych rodników. Shao i in. [2010] wskazują, że substancje bioaktywne zawarte w proszku perłowym usuwają wolne rodniki i hamują reakcje rodnikowe, co może opóźniać procesy starzenia i intensyfikować regenerację. Regeneracyjne właściwości sproszkowanych pereł, sprawiają, że surowiec ten wykorzystuje się w preparatach, których zadaniem jest zmniejszanie widoczności blizn. Za właściwości regeneracyjne i odżywiające wyciągów z pereł, odpowiada m.in. ich profil aminokwasowy stymulujący proces odbudowy skóry, wypełniania zmarszczek, stanowiąc jednocześnie element budulcowy w tym procesie. Masa perłowa jest zawarta także w preparatach dermokosmetycznych przeznaczonych do zwalczania rozstępów, zmniejszania widoczności blizn, jak też w leczeniu blizn potrądzikowych [Wołosik i in. 2013, Jankowiak i in. 2016, Jastrzębska-Więsek i in. 2018].

Właściwości surowców pozyskiwanych od perłopławów, w tym ich działanie odżywcze i regeneracyjne, wynikają z obecności zarówno składników mineralnych, jak i unikalnego składu białek występujących w perłach i masie perłowej. Profil aminokwasowy białek masy perłowej, wpływa na jej właściwości odżywcze, stymulujące regenerację oraz odbudowę naskórka, z kolei sole nieorganiczne wywierają efekt rozjaśniający, tonizujący i wzmacniający na skórę [Kucia 2017]. Specyficznym dla małży białkiem jest konchiolina, której głównymi aminokwasami są: glicyna, kwas asparaginowy, alanina, seryna, leucyna, i kwas glutaminowy [Ratz-Łyko 2013]. Konchiolina trudno rozpuszcza się w wodzie, dlatego w praktyce częściej jest wykorzystywana w formie hydrolizatu zasobnego w rozpuszczalne, aktywne peptydy [Naik i Hayes 2019]. W takiej postaci jest elementem preparatów do pielęgnacji skóry, kondycjonerów i szamponów.

Aplikacyjny charakter i rosnący trend wykorzystania surowców pozyskiwanych od małży w przemyśle kosmetycznym jest efektem wyników badań podstawowych na zwierzętach (szczurach), które wskazują na rolę tych surowców w procesach odbudowy i regeneracji skóry. Chen i in. [2019] podają, że proszek perłowy przyspiesza syntezę kolagenu, poprawia angiogenezę, stymuluje proliferację komórek skóry, przyspiesza regenerację ran oraz poprawia kondycję skóry zwierząt. Z kolei Lopez i in. [2000] wykazali, że masa perłowa zastosowana w implantach podskórnych (wszczepianym szczurom), stymulowała dzia-

łanie fibroblastów, co przejawiało się zwiększoną syntezą macierzy zewnątrzkomórkowej, produkcją czynników sprzyjających adhezji komórek oraz lepszej regeneracji wynikającej z wyższej syntezy kolagenu.

Oprócz popularnych pereł i masy perłowej również muszle mogą stanowić istotny składnik preparatów kosmetycznych. Muszle mięczaków podobnie jak i perły są w dużej mierze zbudowane z węglanu wapnia (ponad 95% składu), składniki macierzy organicznej, takie jak białka, glikoproteiny czy polisacharydy stanowią niespełna 5%. Preparaty zawierające przetworzone muszle małży, mogą wykazywać działanie regeneracyjne na skórę. Wynika ono głównie ze zdolności stymulacji fibroblastów do wyższej ekspresji genów kodujących kolagen typu I i III, a więc typów tego białka, dominujących w skórze człowieka [Latire i in. 2014]. Regeneracyjne działanie preparatów zawierających muszle wykazano także w badaniach przeprowadzonych na szczurach przez Liu i in. [2006]. Ekstrakt z muszli przegrzebków działał stymulująco na keratynocyty i przyspieszał zarówno wymianę epidermalnej warstwy skóry, jak i regenerację uszkodzeń powstałych w wyniku działania światła UV.

Od czasów starożytnych istotną rolę w leczeniu i pielęgnacji skóry odgrywał śluz pozyskany od ślimaków lądowych. Pomimo braku wiedzy na temat składu chemicznego śluzu, znane były jego właściwości lecznicze polegające na szybszym gojeniu się ran dzięki zdolności składników aktywnych do hamowania procesu zapalnego i działaniu antybakteryjnemu [Harti i in. 2016]. Opisane właściwości przypisuje się śluzowi pozyskanemu ze ślimaków z rodzaju *Cornu* (*C. aspersum aspersum* i *C. aspersa maxima*), które obecnie są hodowane w wielu krajach europejskich, a także w Polsce. Początkowo naturalny śluz ślimaków stosowany był bezpośrednio na skórę. Obecnie w kosmetyce oprócz praktykowania takiej formy zabiegów, stosowane są również preparaty ze śluzem ślimaka. Ze względu na rosnącą popularność śluzu w kosmetyce rozwijane są nowe techniki jego pozyskiwania i oczyszczania służące do uzyskania unikalnego produktu naturalnego, zawierającego składniki wysokiej jakości, wchodzące w skład produktów kosmetycznych i parafarmaceutycznych [El Mubarak in. 2013]. Wyniki prowadzonych zaawansowanych badań zarówno składu śluzu, jak również właściwości substancji aktywnych pozwalają na stwierdzenie, że śluz ślimaków lądowych może stać się bardzo atrakcyjnym naturalnym składnikiem produktów kosmetycznych. Śluz ślimaczy zawiera allantoinę, kwas hialuronowy, kolagen, elastynę, kwas glikolowy, naturalne peptydy i białka, witaminy A, C i E, oraz przeciwutleniacze (np. polifenole) oraz enzymy (dysmutazę ponadtlenkową – SOD i S-transferazę glutationową – GST). Obecność tych składników sprawia, że śluz wykazuje potwierdzone *in vitro* działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybiczne i antywirusowe [Iguchi i in. 1983, Nootthuan i in. 2021], silne

działanie przeciwutleniające, a takie składniki, jak allantoina, kwas hialuronowy, polipeptydy i białka wykazują właściwości regeneracyjne i stymulujące. W badaniach prowadzonych na hodowlach komórkowych potwierdzono, że śluz pozyskany od ślimaka *Cornu aspersum aspersum* posiada właściwości przyspieszające proliferację fibroblastów, obniża jednocześnie poziom apoptozy komórkowej oraz przyspiesza migrację komórek i tym samym zdolność gojenia ran [Trapella i in. 2018].

Również bioaktywne składniki występujące w mięsie mięczaków mogą znaleźć potencjalne zastosowanie w kosmetologii. Korzystny wpływ peptydów występujących w hydrolizacie białek ostryg z gatunku *Crassostrea hongkongensis* potwierdzili w badaniach na myszach Peng i in. [2020]. Wykazano, że miejscowe zastosowanie peptydów, łagodziło utratę nawilżenia skóry oraz hamowało degradację włókien kolagenowych i elastylowych wynikającą z działania promieniowania UVB, jednocześnie poprawiając działanie systemów antyoksydacyjnych i zmniejszając uwalnianie związków prozapalnych w skórze.

Owady (*Insecta*)
Pszczoły miodne (*Apis mellifera*)

Przemysł kosmetyczny obecnie oferuje szeroką gamę produktów kosmetycznych z dodatkiem produktów pszczelich, takich jak miód (najbardziej znany i rozpowszechniony), pyłek kwiatowy, pierzga, propolis (kit pszczeli), wosk pszczeli, mleczko pszczele oraz jad pszczeli. Miód jest naturalnie słodką substancją produkowaną przez pszczoły *Apis mellifera* z nektaru roślin, wydzielin żywych części roślin lub wydalin owadów wysysających żywe części roślin, zbieranych przez pszczoły, przerabianych przez łączenie specyficznych substancji z pszczół, składanych, odwodnionych, gromadzonych i pozostawionych w plastrach miodu do dojrzewania [Dyrektywa Rady 2001/110/WE]. Produkt ten jest bardzo zróżnicowany pod względem cech organoleptycznych i składu chemicznego, zależy przede wszystkim od pożytku zbieranego przez pszczoły, rejonu pozyskiwania i terminu zbioru. Pod względem chemicznym składa się głównie z cukrów i wody oraz wielu bioaktywnych składników, tj. aminokwasów (głównie proliny), białka, enzymów (diastazy, inwertazy, katalazy, fosfatazy, oksydazy glukozy, lizozymu), flawonoidów (np. kwercetyny, kemferolu), fenolokwasów (np. kwasu ferulowego, chlorogenowego, benzoesowego), witamin, związków lotnych (np. kwasów, glukanów, olejków eterycznych) oraz składników mineralnych i innych [Bogdanov i in. 2008, da Silva i in. 2016, Goik i in. 2016, Miguel i in. 2017, Bąkowska i Janda 2018]. Miód w kosmetyce

wspomaga działanie preparatów nie tylko o charakterze pielęgnacyjnym, ale i leczniczym. Wykorzystanie miodu w kosmetyce wynika z jego wielokierunkowych właściwości biologicznych, tj. odżywczych, przeciwzapalnych, bakteriobójczych, oczyszczających, rozjaśniających, wygładzających, regenerujących, jak również bakteriostatycznych i antyoksydacyjnych [Marwicka i in. 2014, Boniakowska i in. 2016].

Miód wykazuje wysokie ciśnienie osmotyczne (efekt wysokiej zawartości cukrów), sprzyjające zjawisku osmozy i dużej lepkości, przez co zapewnia nawilżenie skórze oraz tworzy barierę ochronną [Dubiago i in. 2018]. Na drodze osmozy powoduje zwiększenie przepływu krwi w skórze, co wpływa na jej lepsze odżywienie oraz nawilżenie. W ten sposób wzmaga metabolizm komórkowy oraz procesy regeneracji. Pod wpływem miodu wzrasta elastyczność oraz napięcie skóry, zmarszczki ulegają wygładzeniu, a skóra nabiera zdrowego kolorytu [Bednarczyk-Cwynar i in. 2014].

Miód wpływa na utrzymanie prawidłowego pH skóry, równocześnie zapobiegając zmianom trądzikowym. Produkt ten jest zaliczany do grupy humektantów (pochłania wilgoć z zewnątrz) i może być składnikiem kosmetyków nawilżających. Stanowi składnik szamponów i odżywek do włosów suchych, łamliwych, pozbawionych blasku. Wpływa na wzmocnienie, odbudowę włosów, rozjaśnia, nadaje im piękny, zdrowy wygląd, a nawet ma działanie przeciwłupieżowe. Skrystalizowany miód może być stosowany jako peeling, który nie tyko usuwa złuszczony naskórek, ale szybko przenika przez skórę, zaopatrując tkanki w glukozę [Bednarczyk-Cwynar i in. 2014, Boniakowska i in. 2016]. Miód stosowany jest w kosmetykach często w połączeniu z proteinami mleka czy witaminami rozpuszczalnymi w tłuszczach. Jest składnikiem takich produktów, jak pomadki i odżywki do ust, balsamy do ciała, szampony i odżywki do włosów, płyny do kąpieli, ale przede wszystkim kremów i preparatów nawilżających przeznaczonych do różnych rodzajów skóry.

Pyłek kwiatowy pszczoły zbierają z kwiatów roślin zielonych i drzew, mieszają z niewielką ilością śliny i nektaru, a następnie w postaci obnóży przynoszą do ula w koszyczkach na tylnej parze nóg. Pyłek odbierany jest za pomocą tzw. poławiaczek pyłku w postaci obnóży, a następnie suszony [Kędzia 2008].

Skład chemiczny pyłku pszczelego jest bardzo zróżnicowany i zależy od rodzaju roślin, z których został zebrany. Główne związki chemiczne pyłku to białka i aminokwasy, węglowodany, lipidy i kwasy tłuszczowe, związki fenolowe, enzymy oraz witaminy i składniki mineralne. W skład białek wchodzą następujące frakcje: albuminy, globuliny, gluteiny, prolaminy oraz enzymy. W pyłku obecne są wszystkie aminokwasy egzogenne, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – NNKT (linolowy, α-linolenowy), kwas palmitooleinowy i arachi-

donowy oraz fitosterole. Wśród związków fenolowych występują flawonoidy oraz kwasy fenolowe. Pyłek zawiera również składniki mineralne, makropierwiastki (potas, fosfor, wapń, magnez) oraz mikropierwiastki (krzem, żelazo, cynk, miedź). W pyłku obecne są witaminy zarówno rozpuszczalne w tłuszczach (A, D, E i w śladowych ilościach K), jak i rozpuszczalne w wodzie (B_1, B_2, B_6, kwas pantotenowy, nikotynowy, foliowy, witamina H, PP) oraz witamina C [Basista i Sodzawiczny 2011, Feás i in. 2012, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Pyłek kwiatowy w przemyśle kosmetycznym stosuje się głównie w postaci ekstraktu (wodnego, etylowego lub lipidowego) lub ich mieszanin. Naniesione na skórę wyciągi z obnóży pyłkowych wykazują liczne właściwości biologiczne, w tym antybiotyczne, przeciwutleniające, przeciwalergiczne, przeciwzapalne. Kosmetyki z tym składnikiem sprawiają, że skóra jest lepiej odżywiona, dobrze utleniona, optymalnie nawilżona, wygląda młodo i zdrowo. Dzięki temu staje się elastyczna, bardziej jędrna, a zmarszczki ulegają wygładzeniu [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016]. Pyłek kwiatowy wykazuje ponadto silne działanie przeciwbakteryjne oraz przeciwgrzybicze – wstrzymując rozwój mikrolory chorobotwórczej. Kosmeceutyki (kosmetyki lecznicze) zawierające ten produkt służą do zapobiegania i leczenia niektórych chorób skóry twarzy i głowy (trądziku pospolitego oraz łupieżu łojotokowego). Ekstrakty z obnóży stosowane są do produkcji wielu kosmetyków, m.in. do pielęgnacji skóry, emulsji odżywczych, szamponów, balsamów, maseczek, toników [Boniakowska i in. 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016].

Wosk pszczeli należy również do produktów wykorzystywanych w przemyśle kosmetycznym. Jest on naturalnym lipidem produkowanym i wydzielanym przez gruczoły woskowe pszczoły miodnej. Pod względem biochemicznym to koncentrat kwasów, hydroksykwasów, alkoholi jedno- i dwuhydroksylowych, estrów, węglowodanów oraz witamin. Zawiera również substancje zapachowe i chryzynę – żółty barwnik [Jabłońska-Trypuć i Czerpak 2008, Bonvehi i Bermejo 2012]. Ze względu na skład chemiczny wosk jest substancją tłustą, zapobiega odparowywaniu wody z naskórka (wytwarza na skórze warstwę okluzyjną) i natłuszcza skórę. Zawarta w wosku witamina A zwiększa barierę ochronną naskórka oraz korzystnie wpływa na regenerację skóry. W efekcie działa wygładzająco na naskórek. Dodatkowo wykazuje właściwości antybiotyczne i przeciwzapalne. Elastyczność i plastyczność wosku umożliwia otrzymanie cieńszego filmu ochronnego preparatu oraz wydłuża jego trwałość na skórze i ustach. Znacząco poprawia wygląd i konsystencję kremów, balsamów, cieni do powiek oraz tuszy. Sprawdza się jako składnik zagęszczający i poprawiający efektywność mydeł [Goik i in. 2016, Kopczyńska i in. 2018].

Kolejny produkt pszczeli wykorzystywany w kosmetyce to mleczko pszczele. Jest ono wytwarzane przez gruczoły gardzielowe pszczół robotnic i służy do karmienia larw robotnic, trutni i matki pszczelej w ciągu całego jej życia. Jest bogatym źródłem witamin rozpuszczalnych w tłuszczach i wodzie, biopierwiastków, białka, aminokwasów, lipidów, węglowodanów, kwasów organicznych oraz hormonów [Kunugi i Mohammed Ali 2019, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Białka występujące w mleczku, tj. albuminy i globuliny, mają właściwości przeciwstarzeniowe, bowiem napinają i wygładzają zmarszczki. Glukoza w mleczku pszczelim odpowiada przede wszystkim za dostarczenie energii komórkom, zapobiega odparowywaniu wody z naskórka oraz ogranicza dyfuzję. Witaminy z grupy B łagodzą świąd, hamują łojotok, utrzymują skórę w dobrej kondycji (poprzez regulowanie gospodarki wodnej) oraz rozjaśniają przebarwienia. Witamina C uszczelnia naczynia krwionośne oraz wyrównuje koloryt skóry. Cynk zawarty w mleczku działa regenerująco, przeciwzapalnie, antyoksydacyjnie. Miedź natomiast reguluje wydzielanie sebum oraz uelastycznia skórę [Jabłońska-Trypuć i Czerpak 2008, Bocho-Janiszewska i in. 2013, Han i in. 2015, Kopczyńska i in. 2018].

Mleczko pszczele jest istotnym składnikiem kremów, balsamów oraz płynów pielęgnacyjno-odżywczych, z przeznaczeniem zarówno do cery suchej, normalnej, jak i tłustej. Kremy i balsamy zawierające mleczko normalizują wydzielanie gruczołów łojowych, pobudzają metabolizm komórkowy, mają działanie tonizujące, w konsekwencji, poprawiając kondycję skóry [Bocho-Janiszewska i in. 2013].

W ostatnich latach coraz większym zainteresowaniem przemysłu kosmetycznego cieszy się kolejny z produktów pszczół – jad pszczeli. Jad pszczoły miodnej (zwany apitoksyną) jest trucizną wydzielaną w obronie. Zdolność żądlenia mają pszczoły robotnice oraz matka pszczela. Jad zawiera w swoim składzie substancje biologicznie czynne: peptydy (melityna, apamina, peptyd MCD, tertiapina, sekapina), enzymy (fosfolipaza A2, fosfolipaza B, hialuronidaza, proteazy serynowe), aminy biogenne (histamina oraz katecholaminy), biopierwiastki (magnez, wapń, fosfor, żelazo, cynk, jod, miedź), cukry (glukoza i fruktoza), sterole, lipidy, wolne aminy i kwasy nukleinowe (DNA i RNA) [Peiren i in. 2006, Pałgan i Bartuzi 2009, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Jad ma działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i immunomodulujące. Badania naukowe potwierdzają terapeutyczne właściwości jadu pszczelego w leczeniu trądziku, łysienia, łuszczycy, twardziny i atopowego zapalenia skóry. Apitoksyna redukuje zmarszczki, przebarwienia oraz wykazuje pozytywne działanie w cofaniu efektów fotostarzenia. Stosowany miejscowo działa fotoprotekcyjnie, tzn. ochrania skórę przed słońcem oraz może działać miorelaksacyjnie na

zmarszczki mimiczne [Łukasiewicz 2021]. Produkty kosmetyczne z tym składnikiem przeznaczone są przede wszystkim dla osób z cerą dojrzałą. Stosować mogą go również osoby młode, aby opóźnić proces starzenia się skóry. Działanie nawilżające wykazują cukry zawarte w jadzie. Glukoza zapobiega odparowywaniu wody z naskórka, natomiast fruktoza odpowiada za nawilżenie skóry. Magnez występujący w jadzie ma właściwości przeciwzapalne, regenerujące i antyoksydacyjne, jak również działa tonizująco na skórę. Wapń odpowiada za utrzymanie zwartości komórek (keratynocytów) oraz napięcie i nawilżenie skóry, a także działa przeciwzapalnie i regeneracyjnie, szczególnie na cerę suchą.

Jad pszczeli określany jest również często mianem tzw. bezigłowego botoksu, ponieważ wpływa na syntezę włókien kolagenowych i elastynowych. Po aplikacji na skórę staje się ona wygładzona i napięta jak po toksynie botulinowej. Kolagen wzmacnia tkanki ciała, podczas gdy elastyna utrzymuje skórę napiętą i odpowiada za jej sprężystość. Melityna wspomaga czynność fosfolipazy A_2, w wyniku której możliwe jest uwolnienie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) [Han i in. 2015, Kopczyńska i in. 2018].

Podsumowanie

Zwiększająca się świadomość użytkowników produktów kosmetycznych sprawia, że wielu producentów, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, poszerza swój asortyment o produkty o specyficznym składzie, będące źródłem substancji bioaktywnych. W ten trend idealnie wpisują się substancje odzwierzęce, które mogą być pozyskiwane zarówno od zwierząt (mleko, miód, jaja), jak również z samych zwierząt, tj. tkanek zwierzęcych (tran, lanolina, perły, kolagen).

Przedstawione w opracowaniu informacje potwierdzają wysoką przydatność surowców zwierzęcych w produkcji kosmetyków naturalnych. Wskazują również na wysoki potencjał i możliwość wykorzystania tych surowców w opracowaniu nowych, innowacyjnych produktów kosmetycznych.

Istotne jest również, że duża część substancji biologicznie czynnych wykorzystywanych w kosmetyce izolowana jest z ubocznych surowców pochodzenia zwierzęcego. Wykorzystanie surowców ubocznych czy odpadów pozwala na ich lepsze zagospodarowanie, co może mieć pozytywny wpływ na środowisko.

Bibliografia

Alves A.L., Marques A.L.P., Martins E., Silva T.H., Reis R.L., 2017. Cosmetic potential of marine fish skin collagen. Cosmetics 4(39). https://doi.org/10.3390/cosmetics4040039

Andrzejczak O., 2016. Lizozym-aktualne trendy w nauce i przemyśle. W: B. Zdunek, M. Olszówka (red.), Przegląd wybranych prac z zakresu enzymologii. Tygiel, Lublin, 59−72.

Anton M., 2007. Composition and structure of egg components. W: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (red.), Bioactive egg compounds. Springer-Verlag, Berlin, 1−24.

Aspri M., Economou N., Papademas P., 2016. Donkey milk: an overview on functionality, technology, and future prospects. Food Rev. Int. 33(3), 316–333.

Audic J.L., Chaufer B., Daufin G., 2003. Non-food applications of milk components and dairy co-products: a review. Lait 83, 417–438.

Bąkowska M., Janda K., 2018. Właściwości prozdrowotne wybranych miodów. Pomeranian J. Life Sci. 64(3), 147−151.

Basista K., Sodzawiczny K., 2011. Pyłek kwiatowy – nowy surowiec naturalny, możliwości wykorzystania w lecznictwie i kosmetologii. Gazeta Farmaceut. 12, 30−32.

Becker L.C., Bergfeld W.F., Belsito D.V., Hill R.A., Klaassen C.D., Liebler D.C., Marks J.G. Jr, Shank R.C., Slaga T.J., Snyder P.W., Andersen F.A., Heldreth B., 2018. Safety assessment of polyether lanolins as used in cosmetics. Int. J. Toxicol. 37, 19−27. https://doi.org/10.1177/1091581817740120

Bednarczyk-Cwynar B., Majewska K., Olender D., Pawełczyk A., Sowa-Kasprzak K., Żwawiak J., 2014. Skarby natury w kosmetyce. MedFarm Polska, Wrocław.

Bekere H., Husen M., 2020. Review on the composition of milk of different farm animal. Am. J. Pure Appl. Biosci. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3713853

Belsito D.V., 2017. Safety assessment of milk proteins and protein derivatives as used in cosmetics. Cosmetic Ingredient Review, Washington. http://www.cir-safety.org/sites/default/files/mlkpep022017slr.pdf [dostęp 12.05.2021].

Bhardwaj A., Pal Y., Legha R.A., Sharma P., Nayan V., Kumar S., Tripathi H., Tripathi B.N., 2020. Donkey milk composition and its therapeutic applications. Ind. J. Anim. Sci. 90(6), 837–841.

Bocho-Janiszewska A., Sikora A., Rajewski J., Łobodzin P., 2013. Zastosowanie mleczka pszczelego w kremach nawilżających. Pol. J. Cosmetol. 16(4), 313−320.

Bogdanov S., Jurendic T., Sieber R., Gallmann P., 2008. Honey for nutrition and health: a review. J. Am. Coll. Nutr. 27, 677–689. https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745

Bojarowicz H., Woźniak B., 2008. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe oraz ich wpływ na skórę. Probl. Hig. Epidemiol. 89(4), 471−475.

Boniakowska I., Burzyńska M., Jeleń J, Magnuszewska M., 2016. Produkty naturalne dobroczynne i cenne dla kosmetologii: miód i produkty pszczele, czekolada, owoce granatu i winogron oraz aloes. Stud. Zesz. Nauk. Kosmetol. 1(1), 6–27.

Bonvehi J.S., Bermejo F.J.O., 2012. Detection of adulterated commercial Spanish beeswax. Food Chem. 132, 642−648. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.104

Chen X., Peng L.H., Chee S.S., Shan Y.H., Liang W.Q., Gao J.Q., 2019. Nanoscaled pearl powder accelerates wound repair and regeneration *in vitro* and *in vivo*. Drug Dev. Ind. Pharm. 45, 1009−1016. https://doi.org/10.1080/03639045.2019.1593436

Chrząstek L., Dondela B., Deska M., 2015. Bezpieczne składniki lipidów i ich pochodne. Pr. Nauk. Akad. im. Jana Długosza Częst., Tech. Inform. Inż. Bezp. 3, 9−27.

Cieśla M., Śliwiński J., 2011. Od rybołówstwa do salonu piękności, czyli o roli ryb jako zwierząt towarzyszących człowiekowi. Przegl. Hod. 11, 18−21.

Cosentino C., Elshafie H.S., Labella C., D'Adamo C., Pecora G., Musto M., Paolino R., Camele I., Freschi P., 2018. Study on the protective effect of an innovative cow milk-based product against some human skin-bacterial pathogens. J. Biol. Res. 91(7426), 35–39.

da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Costa A.C.O., Fett R., 2016. Honey: chemical composition, stability and authenticity. Food Chem. 196, 309–323. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051

Dernekbaşı S., 2012. Digestibility and liver fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by graded levels of canola oil. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 12, 105–113. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_1_13

Dixit S., 2001. Lanolin for silky, soft, smooth skin. Chem. Wkly 47(10), 153−156.

Dubiago G., Nowak A., Klimowicz A., 2018. Wybrane właściwości miodu szczególnie przydatne w kosmetologii. Post. Fitoter. 19(1), 58−64. https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.58

Dyrektywa Rady 2001/110/WE z dnia 20 grudnia 2001r. odnosząca się do miodu (Dz.U. L 10 z 12.1.2002, 47).

El Mubarak M.A., Lamari F.N., Kontoyannis C., 2013. Simultaneous determination of allantoin and glycolic acid in snail mucus and cosmetic creams with high performance liquid chromatography and ultraviolet detection. J. Chromatogr. 1322, 49−53.

Faure F., 2019. Lanolina – dar natury. Świat Przem. Kosmet. 1, 70−75.

Feás X., Vázquez-Tato M.P., Estevinho L., Seijas J.A., Iglesias A., 2012. Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. Molecules 11, 17(7), 8359−8377. https://doi.org/10.3390/molecules17078359

Ferreira E., Lucas R., Rossi L.A., Andrade D., 2003. Curativo do pacientequeimado: umarevisão de literatura. Rev. Esc. Enferm. 37, 44–51.

Figiel W., Kwiecień M., 2010. Właściwości reologiczne komponentów maści farmaceutycznych. Czas. Tech. Ch, Chemia 10, 107.

Garasińska-Pryciak E., 2015. Kosmetyka anti-ageing w starożytnym Rzymie. Symb. Philol. Posnan. Graecae Latin. 25(1), 141–155. https://doi.org/10.14746/Sppgl.2015.XXV.1.10

Gershbein L.L., Singh E.J., 1969. Hydrocarbons of dogfish and cod liver and herring oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 46, 554–557. https://doi.org/10.1007/BF02633182

Gilbert L., Picard C., Savary G., Grisel M., 2012. Impact of polymers on texture properties of cosmetic emulsions: a methodological approach. J. Sens. Stud. 27, 392–402.

Goik U., Goik T., Załęska I., 2016. Właściwości wosku pszczelego i jego zastosowanie w kosmetyce i kosmetologii. Kosmetol. Estet. 6(5), 617−622.

Gołąb K., Warwas M., 2005. Białka jaja kurzego-właściwości biochemiczne i zastosowania. Adv. Clin. Exp. Med. 14(5), 1001−1010.

Guil-Guerrero J.L., Venegas-Venegas E., Rinco n-Cervera M.Á., Suárez M.D., 2011. Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. J. Food Comp. Anal. 24, 217–222. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.07.011

Guillerme J.B., Couteau C., Coiffard L., 2017. Applications for marine resources in cosmetics. Cosmetics 4(3), 35. https://doi.org/10.3390/cosmetics4030035

Han M.S, Hong P.I., Woo O.S, Chun S.N., 2015. The beneficial effects of honeybee-venom serum on facial wrinkles in humans. Clin. Interv. Aging 10, 1587−1592. https://doi.org/10.2147/CIA.S84940

Handelman G.J., Nightingale Z.D., Lichtenstein A.H., Schaefer E.J., Blumberg J.B., 1999. Lutein and zeaxantin concentrations in plasma after supplementation with egg yolk. Am. J. Clin. Nutr. 70, 247−251.

Harti A.S, Sulisetyawati S.D., Murharyati A., Oktariani M., Wijayanti I.B., 2016. The effectiveness of snail slime and chitosan in wound healing. Int. J. Pharma Med. Biol. Sci. 51, 76−80.

Hayashi Y., Yamada S., Ikeda T., Yanagiguchi K., 2011. Fish collagen and tissue repair. W: S.K. Kim (red.), Marine cosmeceuticals: trends and prospects. CRC Press − Taylor & Francis Group, Boca Raton, 133–141.

Jabłońska-Trypuć A., Czerpak R. (red.), 2008. Surowce kosmetyczne i ich składniki. MedPharm Polska, Wrocław, 63−144.

Huang Z.R., Lin Y.K., Fang J.Y., 2009. Biological and pharmacological activities of squalene and related compounds: potential uses in cosmetic dermatology. Molecules 23, 14(1), 540–554. https://doi.org/10.3390/molecules14010540

Iguchi S.M., Aikawa T, Matsumoto J.J., 1983. Antibacterial activity of snail mucus mucin. Comp. Biochem. Physiol. Part A, Comp. Physiol. 72, 571−574.
Jankowiak W., Imielski W., Pachurka J., Szkoła, W., 2016. Kosmetologia wobec problemów cery tłustej i trądzikowej. Kosmetol. Estet. 5, 501−504.
Jastrzębska-Więsek M., Rychtyk J., Partyka A., Ludwikowska B., Wesołowska A., 2018. Współczesne możliwości terapii rozstępów. Farm. Pol. 74(7), 417−426. https://doi.org/10.32383/farmpol/118765.
Kalicka D., Grega T. (red.), 2009. Ocena możliwości zastosowania serwatki z mleka krowiego, koziego i owczego jako składnika szamponów. W: Wielokierunkowość badań w rolnictwie i leśnictwie. Wyd. UR w Krakowie, 659–664.
Kędzia B., 2008. Skład chemiczny i adaptogenne działanie pszczelego pyłku kwiatowego. Cz. I. Skład chemiczny. Post. Fitoter. 1, 47−58
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E. (red.), 2020. Apiterapia. Leczenie miodem i produktami pszczelimi. SMB Renata Gmitrzak, Warszawa.
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2016. Skład i właściwości biologiczne pyłku pszczelego zbieranego przez pszczoły ze szczególnym uwzględnieniem możliwości zastosowania go w kosmetyce. Post. Fitoter. 17(2), 130−138.
Kieltyka-Dadasiewicz A., Gorzel M., 2015. Elementy talasoterapii i możliwości ich rozwoju w kosmetologii. Kosmetol. Estet. 4(1), 43−48.
Kijowski J., Leśnierowski G., Cegielska-Radziejewska R., 2013. Jaja cennym źródłem składników bioaktywnych. Żywn. Nauka Technol. Jakość 5(90), 29−41.
Kim S.K., Mendis E., 2006. Bioactive compounds from marine processing byproducts – a review. Food Res. Int. 39, 383–393. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.10.010
Kim S.K., Ngo D.H., Vo T.S., Ryu B., 2013. Industry perspectives of marine-derived proteins as biomaterials. W: S.K. Kim (eds.), Marine Biomaterials. CRC Press, Boca Raton, 737–746. https://doi.org/10.1201/b14723
Kocic H., Stankovic M., Tirant M., Lotti T., Arsic I., 2020. Favorable effect of creams with skimmed donkey milk encapsulated in nanoliposomes on skin physiology. Dermatol. Ther. 33, e13511. https://doi.org/10.1111/dth.13511
Kopczyńska D., Klasik-Ciszewska S., Duda-Grychto K., 2018. Produkty pszczele w pielęgnacji skóry. Med. Rodz. 21(1), 48−52. https://doi.org/10.25121/MR.2018.21.1.48
Kopeć W., 2000. Rozdział treści jaja na składniki oraz wytwarzanie produktów izolowanych z jaj o wysokiej wartości biologicznej lub funkcjonalnej. W: T. Trziszka (red.), Jajczarstwo. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław, 409−436.
Król J., Brodziak A., Zaborska A., 2014. Białka serwatkowe jako naturalne surowce w przemyśle kosmetycznym. Pol. J. Cosmet. 17(2), 96–102.
Kucia M., 2017. Surowce kosmetyczne pochodzenia morskiego w talasoterapii. Kosmetol. Estet. 6(6), 571−578.
Kula J., 2016. Medicinal values of camel milk. Int. J. Vet. Sci. Res. 2(1), 18–25. https://dx.doi.org/10.17352/ijvsr.000009
Kumar Y.K., Rakesh K., Lakshmi P., Jitendra S., 2015. Composition and medicinal properties of camel milk: a review. Asian J. Dairy Food Res. 34, 83–91.
Kunugi H., Mohammed Ali A., 2019. Royal jelly and its components promote healthy aging and longevity: from animal models to humans. Int. J. Mol. Sci. 20, 1–26. https://doi.org/10.3390/ijms20194662
Latire T., Legendre F., Bigot N., Carduner L., Kellouche S., Bouyoucef M., Carreiras F., Marin F., Lebel J.M., Galera P., Serpentini A., 2014. Shell extracts from the marine bivalve *Pecten maximus* regulate the synthesis of extracellular matrix in primary cultured human skin fibroblasts. Plos One 9(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099931
Liu Y.C., Torita A., Hasegawa Y., 2006. Scallop shell extract promotes recovery from UV-B-induced damage in rat skin epidermal layer. Fish. Sci. 72, 388−392. https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01161.x

Lopez E., Le Faou A., Borzeix S., Berland S., 2000. Stimulation of rat cutaneous fibroblasts and their synthetic activity by implants of powdered nacre (mother of pearl). Tiss. Cell 32, 95−101. https://doi.org/10.1054/tice.1999.0091

Łukasiewicz A., 2021. Zastosowanie jadu pszczelego w kosmetologii. Aesth. Cosmetol. Med. 10(1), 23−31. https://doi.org/10.52336/acm.2021.10.1.04

Majewska K., Olender D., Pawełczyk A., Zaprutko T., Żwawiak J., Zaprutko L., 2010. Aktywne kosmetyki wśród produktów spożywczych. Homin. Hominibus 6, 65–96.

Martini M.C. (red.), 2009. Kosmetologia i farmakologia skóry. PZWL, Warszawa.

Marwicka J., Gałuszka R., Gałuszka G., Podolska A., Żurawski Ł, Niemyska K., 2014. Analiza właściwości miodu pszczelego i jego zastosowanie w dietetyce i kosmetologii. Kosmetol. Estet. 3(2), 107−110.

Marwicka J., Makuch M., Niemyska K., 2015. Właściwości oraz kosmetyczne zastosowanie oliwy z oliwek jako produktu bogatego w substancje biologicznie czynne. Kosmetol. Estet. 4 (5), 417–421.

Marzec A., 2009. Chemia kosmetyków. Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa Stowarzyszenie Wyższej Użyteczności "Dom Organizatora", Toruń.

Materac E., Marczyński Z., Bodek K.H., 2013. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. Bromat. Chem. Toksykol. 2, 225–233.

McNamara D.J., 2006. Egg xantophylls and health implications. W: J.S. Sim, H.H. Sunwoo (red.), The amazing egg. University of Alberta, Edmonton, Canada, 95−110.

Miguel M.G., Antunes M.D. Faleiro M.L., 2017. Honey as a complementary medicine. Integr. Med. Insight 12, 1−15. https://doi.org/10.1177/1178633717702869

Molski M. (red.), 2009. Chemia piękna. PWN, Warszawa.

Morgantii P., Randazz S., Cardillo A., 1986. Role of insoluble and soluble collagen as skin moisturizer. J. Appl. Cosmetol. 4, 141–152.

Naik A.S., Hayes M., 2019. Bioprocessing of mussel by-products for value added ingredients. Trends Food Sci. Technol. 92, 111−121. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.013

Nigro L., Montanari D., Mura F., Yasine J., Rinaldi T., 2018. A hoard of Nilotic nacreous shells from Egypt to Jericho (Early Bronze II, 3000-2800 BCE): their finding, content and historical archaeological implications. Palest. Explor. Q. 150, 110−125. https://doi.org/10.1080/00310328.2018.1425957

Noothuan N., Apitanyasai K., Panha S., Tassanakajon A., 2021. Snail mucus from mantle and foot of two land snails, Lissachatinafulica and Hemiplectadistincta, exhibits differentprotein profile and biological activity. BMC Research Note, 14, 138.

Nys Y., Gautron J., 2007. Structure and formation of eggshell. W: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (red..), Bioactive egg compounds. Springer-Verlag, Berlin, 99−115.

Palaniyappan A., Das D., Kammila S., Suresh M.R., Sunwoo H.H., 2012. Diagnostics of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus (SARS CoV) nucleocapsidantigenusing chicken immunoglobulin Y. Poult. Sci. 91, 636−642.

Pałgan K., Bartuzi Z., 2009. Właściwości biologiczne jadu pszczół. Alerg. Astma Immunol. 14 (1), 17−19.

Passi S., De Pità O., Puddu P., Littarru G.P., 2002. Lipophilic antioxidants in human sebum and aging. Free Radic. Res. 36, 471–477. https://doi.org/10.1080/10715760290021342

Peiren N., Graaf D.C., Brunain M., 2006. Molecular cloning and expression of icarapin, a novel IgE-binding bee venom protein. FEBS Lett. 20(580), 4895−4899. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2006.08.005

Peng Y., Glattauer V., Werkmeister J.A., Ramshaw J.A., 2004. Evaluation for collagen products for cosmetic application. Int. J. Cosmet. Sci. 26, 313. https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2004.00245_2.x

Peng Z.L., Chen B.B., Zheng Q.S., Zhu G.P., Cao W.H., Qin X.M., Zhang C.H., 2020. Ameliorative effects of peptides from the oyster (*Crassostreahongkongensis*) protein hydrolysates

against UVB-Induced skin photodamage in mice. Mar. Drugs. 18(6), 288. https://doi.org/10.3390/md18060288
Ratz-Łyko A., 2013. Surowce pochodzenia morskiego jako składniki kosmetyków. Cosmetol. Today, Patents Invent., 4, 3−7.
Schade R., Chacana P.A., 2007. Livetinfractions (IgY). W: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (red.), Bioactive egg compounds. Springer-Verlag, Berlin, 25−31.
Schroeder G. (red.), 2011. Kosmetyki – chemia dla ciała. Cursiva, Poznań.
Sengupta A., Behera J., 2014. Comprehensive view on chemistry, manufacturing and applications of lanolin extracted from wool pretreatment. Am. J. Eng. Res. 3, 33–43.
Shao D.Z., Wang C.K., Hwang H.J., Hung C.H., Chen Y.W., 2010. Comparison of hydration, tyrosinase resistance, and antioxidant activation in three kinds of pearl powders. J. Cosmet. Sci. 61(2), 133−145.
Siahaan E.A., Pangestuti R., Munandar H., Kim S.K., 2017. Cosmeceuticals properties of Sea cucumbers: prospects and trends. Cosmetics 4(3), 26. https://doi.org/10.3390/cosmetics4030026
Sirri F., Barroetta A., 2007. Enrichment in vitamins. W: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (red.), Bioactive egg compounds. Springer-Verlag, Berlin, 171−182.
Sosada M., Pasker B., Malinowski P. (red.), 2009. Chemia kosmetyczna. Ćwiczenia dla studentów kosmetologii. PWSZ, Nysa.
Stevens L., 1991. Egg white proteins. Comp. Biochem. Physiol. 100B, 1−9.
Superti F., Ammendolia M.G., Berlutti F., Valenti P., 2007. Ovotransferrin. W: R. Huopalahti, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade (red.), Bioactive egg compounds. Springer-Verlag, Berlin, 43−50.
Trapella C., Rizzo R., Gallo S., Alogna A., Bortolotti D., Castiano F., Zauli G., Secchiero P., Voltan R., 2018. HelixComplex snail mucus exhibits pro-survival, proliferative and promigration effect on mammalian fibroblasts. Sci. Rep. 8, 17665.
Trziszka T. (red.), 2000. Jajczarstwo. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław.
Wesierska E., Saleh S., Trziszka T., Kopeć W., Siewiński M., Korzekwa K., 2005. Antimicrobial activity of chicken egg white cystatin. World J. Microbiol. Biotechnol. 21, 59−64.
Wilkowska A., Trzeciak M., Grubska-Suchanek E., Nowicki R.J., 2021. Zastosowanie olejów rybnych u pacjentów z AZS – pierwsze polskie badanie kliniczne. 17 Międzynarodowa Akademia Dermatologii i Alergologii, Gdynia 12–13.02.2021, 35–36.
Wiśniewska J., Dzierżewicz Z., Balwierz R., 2019. Ceramidy – budowa i ich znaczenie w warstwie lipidowej naskórka. Kosmetol. Estet. 4(8), 451−456.
Wołosik K., Knaś M., Wacewicz M., Dmuchowska P., 2013. Skuteczność terapii skojarzonej w redukcji blizn potrądzikowych – opis przypadków. Przegl. Dermatol. 100(2), 102−109.
Xhauflaire-Uhoda E., Fontaine K., Pierard G., 2008. Kinetics of moisturizing and firming effects of cosmetic formulations. Int. J. Cosmet. Sci. 30, 131–138. https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2008.00436.x
Yu Z.R., Wang X.D., Su B.M., Zhang Y., 2017. First evidence of the use of freshwater pearls as a cosmetic in ancient China: analysis of white makeup powder from a northern Song dynasty Lv Tomb (Lantian, Shaanxi Province, China). Archaeometry 59, 762−774. https://doi.org/10.1111/arcm.12268
Zakaria El-Sayed H.E.D., Mowafi S., Abou El-Kheir A., El-Khatib E.M., 2018. A comprehensive critique on wool grease extraction, properties and applications. Egypt. J. Chem. 61(6), 1151−1159. https://doi.org/10.21608/ejchem.2018.4214.1372
Żelaszczyk D., Waszkielewicz A., Marona H., 2012. Kolagen - struktura oraz zastosowanie w kosmetologii i medycynie estetycznej. Estetol. Med. Kosmetol. 2(1), 14–20. http://dx.doi.org/10.14320/EMK.2012.003

Streszczenie. Surowce pochodzenia zwierzęcego mają wiele funkcjonalnych właściwości, m.in. nawilżających, odświeżających czy aseptycznych, ważnych z punktu widzenia higieny i pielęgnacji ciała. Materiał biologiczny może być pozyskiwany zarówno od zwierząt, jak i ze zwierząt, w tym wielu gatunków ssaków, ptaków, mięczaków, ryb, owadów i innych. W pracy dokonano przeglądu aktualnej literatury przedmiotowej na temat znaczenia i praktycznego wykorzystania surowców pochodzenia zwierzęcego w kosmetyce. Z produktów mlecznych w branży kosmetycznej znalazły zastosowanie mleko krowie, wielbłądzie, ośle czy kozie, a także inne surowce, takie jak siara oraz serwatka. Z tłuszczów zwierzęcych wykorzystuje się masło, łój, smalec, słoninę oraz tłuszczopot owiec (lanolinę). W skład licznych kompozycji zapachowych wchodzą odzwierzęce substancje zapachowe, takie jak piżmo, cywet, kastoreum i ambra. Formuły kosmetyków wzbogacane są pozyskiwanymi z jaj substancjami biologicznie czynnymi (proteiny, tłuszcze, witaminy, składniki mineralne), jak również surowcami pochodzącymi z ryb i owoców morza. W przypadku tych ostatnich do najbardziej popularnych należą tłuszcze i lipidy z wątroby ryb (tran i skwalen), rybia skóra, kości, ikra i łuski (źródło kolagenu), a także pozyskiwane od mięczaków z gatunków *Pinctada maxima* i *Pinctada margaritifera* perły i muszle. Na rynku kosmetyków można spotkać także liczne preparaty z dodatkiem produktów pszczelich, takich jak miód, pyłek kwiatowy, pierzga, propolis (kit pszczeli), wosk pszczeli, mleczko pszczele oraz jad pszczeli. Przedstawione w opracowaniu informacje potwierdzają wysoką przydatność surowców zwierzęcych w produkcji naturalnych kosmetyków oraz wskazują możliwość ich uwzględnienia przy opracowywaniu nowych, innowacyjnych produktów kosmetycznych. Wykorzystanie ubocznych surowców pochodzenia zwierzęcego w produkcji kosmetyków może mieć z kolei pozytywny wpływ na środowisko poprzez ograniczenie ilości powstających odpadów.

Słowa kluczowe: surowce pochodzenia zwierzęcego, kosmetyki, naturalne składniki

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości" w latach 2019–2022 nr projektu 029/RID/2018/19 kwota finansowania 11 927 330,00 zł".

Wykorzystanie produktów pszczelich w kosmetologii

Aneta Sulborska-Różycka[1], Marzena Masierowska[1]✉

Pszczoły i ich produkty budziły zainteresowanie ludzi już od tysięcy lat, m.in. w epoce kamiennej [Stangaciu i Hartenstein 2007] i w starożytności [Münstedt i Bogdanov 2017a]. Najczęściej wykorzystywany był miód, ale równie chętnie używano innych surowców pszczelich jako pożywienie, lek lub kosmetyk. Zastosowanie produktów pszczelich w kosmetyce i kosmetologii cieszy się w ostatnich latach dużą popularnością. Są to produkty naturalne, w dużym stopniu pozbawione zanieczyszczeń i szkodliwych substancji (pszczoły oczyszczają produkty, odfiltrowując toksyczne związki i pozostawiając je w swoim organizmie), wykazujące różnorakie działanie na skórę, dlatego stanowią cenne źródło surowców do produkcji kosmetyków.

Wśród produktów pszczelich wyróżniono te, które mają pochodzenie roślinne i zwierzęce. Do pierwszej grupy należy miód, obnóża, pierzga i propolis, do drugiej – mleczko pszczele, wosk i jad. Skład, kolor, zapach, jak również aktywność biologiczna poszczególnych produktów zależą od położenia geograficznego, czasu ich powstawania oraz gatunku roślin, z których zostały zebrane [Pavlačková i in. 2020].

Produkty pszczele pochodzenia roślinnego

Miód

Miód należy do najczęściej wykorzystywanych produktów pszczelich. Znalazł zastosowanie w lecznictwie, przemyśle kosmetycznym, spożywczym oraz jako środek konserwujący [Mundo i in. 2004, Cornara i in. 2017]. Już w starożytności zalecany był m.in. przez Hipokratesa jako remedium w różnych schorzeniach [Stangaciu i Hartenstein 2007], wykorzystywano go także w celach kosmetycznych – Poppea, żona cesarza Nerona, myła twarz w ciepłym mleku oślic z dodatkiem miodu [Lewandowska 1960].

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
✉ marzena.masierowska@up.lublin.pl

Miód jest słodką substancją, która powstaje z nektaru, soków roślinnych lub spadzi. Nektar, stanowiący jedno z głównych źródeł miodu, to roztwór cukrów o różnej koncentracji, wydzielany przez nektarniki kwiatowe (głównie) i pozakwiatowe [Bernardello 2007, Lipiński 2010]. Spadź to wydalina owadów (głównie mszyc, czerwców i miodówek) odżywiających się sokiem roślinnym, z którego pobierają części białkowe (sucha masa soków roślinnych zawiera 90 cukrów i 5 białek). W porównaniu z nektarem spadź jest gęstsza, zawiera także trójcukry: melecytozę, rafinozę i dekstryny oraz więcej składników mineralnych [Isidorow 2013]. W zależności od źródła pochodzenia zbieranego przez pszczoły pożytku wyróżnia się miody nektarowe, spadziowe i nektarowo-spadziowe [Rybak-Chmielewska 2013]. Nektar lub inne substancje przynoszone są do ula w wolu przez zbieraczki, a pszczoły ulowe zajmują się dalszą obróbką tego wziątku. Polega ona głównie na zagęszczaniu (odparowywaniu wody) i mieszaniu z enzymami dodawanymi wraz z wydzieliną gruczołów przedniej części układu pokarmowego. Za dojrzały uznaje się miód zawierający 16–18% wody (w miodzie wrzosowym może być do 21%). Pszczoły zasklepiają go w komórkach plastrów przykrywając wieczkiem woskowym, a przemiany enzymatyczne nadal zachodzą, choć już znacznie wolniej [Rybak-Chmielewska 2013]. Zapasy miodu służą pszczołom jako źródło pokarmu węglowodanowego. Przyjmuje się, że w ciągu roku rodzina pszczela zużywa na własne potrzeby 70–110 kg tego produktu [Skowronek 2001, Szymaś 2013]. Miody nektarowe (kwiatowe) powstają z nektaru różnych gatunków roślin.

Normy dotyczące jakości handlowej miodu określa kilka dokumentów: międzynarodowe standardy opracowane przez Komisję Kodeksu Żywnościowego przy FAO/WHO, Dyrektywa Unijna, Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 2003 r. z późniejszymi zmianami [Rybak-Chmielewska 2013]. Przez wiele lat obowiązywała w naszym kraju Polska Norma Miód pszczeli [PN-88/A-77626:1988], która od wstąpienia Polski do UE jest już nieaktualna, ale nadal często stosowana w praktyce. Dojrzały miód jest gęstą cieczą o znacznej lepkości i lekko kwaśnym odczynie. Naturalnym procesem jest stopniowa krystalizacja miodu, gdy przesycony roztwór cukrów zaczyna przechodzić w fazę stałą. Szybkość tych zmian zależy od wielu czynników, m.in. zawartości wody, stosunku fruktozy do glukozy, temperatury przechowywania [Rybak-Chmielewska 1998]. Do celów kosmetycznych używana jest patoka (miód w stanie płynnym), a jeśli produkt skrystalizował się należy go poddać dekrystalizacji lub kremowaniu [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Skład miodu jest bardzo różnorodny i trudny jednoznacznie do określania, ponieważ stanowi on mieszaninę różnych substancji aktywnie czynnych, a o ich procentowym udziale

decyduje wielu czynników [Gómez-Caravaca i in. 2006]. Według Viuda-Martos i in. [2008] miód zawiera co najmniej 181 składników, zgodnie z danymi Isidorow [2013] – ponad 350. Główne frakcje miodu nektarowego podano w tabeli 1.

Tabela. 1. Skład chemiczny miodu wielokwiatowego (wg różnych autorów)

Składnik	Zawartość (%)	Źródło
Monosacharydy – D-glukoza – D-fruktoza	65,0–80,0 29,7–34,9 35,7–41,7	Eteraf-Oskouei i Najafi 2013, Rybak-Chmielewska 2013, Miguel i in. 2017, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Dwucukry redukujące – maltoza – izomaltoza – turanoza – maltuloza, izomaltuloza, koibioza, nigeroza, gencjobioza	0–15,0 1,6–3,8 0,3–0,9 0,9–1,7	Rybak-Chmielewska 1998, 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Dwucukry nieredukujące – sacharoza – trehaloza	0–10,0 0–5,0 0,6–1,1	Rybak-Chmielewska 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Trójcukry redukujące – erloza – maltotrioza	0–3 0,2–0,9 0,04–0,14	Rybak-Chmielewska 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Trójcukry nieredukujące – melecytoza – rafinoza	0–10,0 0,3–1,1 0–0,4	Rybak-Chmielewska 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Dekstryny	1,0–10,0	Rybak-Chmielewska 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Związki azotowe (białka, aminokwasy, enzymy) – białko ogółem – wolna prolina – inne wolne aminokwasy – enzymy (inwertaza, α- i β-amylaza, katalaza, fosfataza, oksydaza glukozowa, peroksydaza, lizozym)	0,1–1,0 0,02–0,3 0,03–0,7	Sak-Bosnar i Sakač 2012, Rybak-Chmielewska 2013, Borawska i in. 2015, Dubiago i in. 2018, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Kwasy organiczne (cytrynowy, glukonowy, jabłkowy, mlekowy, bursztynowy, propionowy, masłowy, szczawiowy i in.)	0,01–0,3	Rybak-Chmielewska 1998, Sak-Bosnar i Sakač 2012, Borawska i in. 2015, Da Silva i in. 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020

Związki mineralne (>30 pierwiastków, głw. K, P, Ca, Na, Fe, Zn, Mn, Si, Co, Mo, I, B)	0,02–1,2	Rybak-Chmielewska 1998, 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Olejki eteryczne zawierające m.in. terpeny (bisabolol, tymol, farnezol, cyneol)	0,03–0,2	Rybak-Chmielewska 1998, Borawska i in. 2015
Witaminy (A, B_2, C, B_6, PP, B_5, B_9, B_7, B_2, B_1, B_3)	0–0,1	Rybak-Chmielewska 1998, 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Barwniki (karotenoidy, flawony, antocyjany)		Rybak-Chmielewska 1998, 2013
Polifenole: – kwasy fenolowe, m.in. *p*-kumarynowy, ferulowy, kawowy, eugenol – flawonoidy, m.in. pinobanksin, pinocembrin, chryzyna, kwercetyna, apigenina, luteolina, kemferol, naringina		Ferreres 1994, Eteraf-Oskouei i Najafi 2013, Pieszko i in. 2015, Da Silva i in. 2016, Miguel i in. 2017, Dubiago i in. 2018, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Hormony (acetylocholina)		Rybak-Chmielewska 1998, 2013, Stangaciu i Hartenstein 2007, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Substancje o działaniu antybakteryjnym (inhibiny, np. nadtlenek wodoru)		Rybak-Chmielewska 1998, Stangaciu i Hartenstein 2007, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Woda	16,0–20,0	Rybak-Chmielewska 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020

Miód w pozytywny sposób wpływa na organizm ludzki, m.in. odznacza się działaniem przeciwdrobnoustrojowym i antyoksydacyjnym [Cenet i in. 2016]. Za antybakteryjne właściwości miodu odpowiedzialna jest głównie oksydaza glukozowa [Sak-Bosnar i Sakač 2012]. Prowadzone są także badania nad wykorzystaniem tego produktu w chorobach onkologicznych, m.in. stwierdzono, że wzmacnia układ immunologiczny pacjentów odbywających chemioterapię [Badolato i in. 2017]. Właściwości biologiczne miodu decydują o jego wykorzystaniu w preparatach kosmetycznych i dermatologicznych [Stangaciu i Hartenstein 2007].

Wśród surowców stanowiących materiał bazowy do produkcji kosmetyków, miód zaliczany jest do najważniejszych [Pavlačková i in. 2020]. W międzynarodowym wykazie składników kosmetyków – INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) – figuruje on jako środek nawilżający, humektant i emolient [Gottschlack i McEwen 2010]. Kosmetyki z dodatkiem miodu są łatwe w produkcji, skuteczne i niedrogie [Stangaciu i Hartenstein 2007]. Należy przy

tym pamiętać, że miód zachowuje swoje właściwości tylko podczas właściwego przechowywania i obróbki w czasie dekrystalizacji, dotyczy to zwłaszcza temperatury, która nie może przekraczać 40–45°C [Stangaciu i Hartenstein 2007].

Miód działa nawilżająco, zmiękczająco oraz leczniczo na skórę [Ediriweera i Premarathna 2012]. Jego wysokie ciśnienie osmotyczne zapewnia nawilżenie skóry, pobudza mikrocyrkulację w tkankach skóry oraz tworzy barierę ochronną. Dzięki zdolności wiązania wody (jest humektantem) uelastycznia i ujędrnia skórę, jak również wykazuje właściwości odżywcze, przeciwzapalne i antybakteryjne [Hebda 2014, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Miód jest higroskopijny, dzięki czemu absorbuje szkodliwe metabolity i powoduje detoksykację tkanek skóry [Marwicka i in. 2014]. Ze względu na dużą lepkość, miód trudno jest nałożyć na niektóre części ciała. Z tego powodu, w kosmetyce coraz częściej wykorzystywany jest miód liofilizowany lub w postaci wyciągu (np. honeyquat), a dzięki temu może być wprowadzany do kremów i szamponów [Hebda 2014]. Węglowodany występujące w miodzie silnie nawilżają skórę, głównie dzięki glukozie (ogranicza dyfuzję i zapobiega odparowywaniu wody z naskórka), kwasowi glukonowemu i jabłkowemu oraz witaminie A. Dodatkowo kwas jabłkowy delikatnie rozjaśnia plamy pigmentacyjne. Białka zawarte w miodzie napinają i spłycają zmarszczki. Witamina B_3 odpowiada za ograniczenie wydzielania sebum, chroni naskórek przed utratą wody oraz poprawia koloryt skóry. Witamia B_5 działa nawilżająco i ochronnie (miód jest najprostszym kosmetykiem przy spierzchniętych ustach), przeciwzapalnie oraz przyspiesza gojenie się zranień skóry. Witamina B_9 opóźnia i hamuje procesy starzenia się skóry. Dzięki zawartości witaminy C oraz jej właściwości uszczelniania ścian naczyń krwionośnych, preparaty z miodem polecane są do cery naczynkowej, dodatkowo delikatnie rozjaśniają koloryt skóry. Witamina C wzmacnia także barierę naskórka, zapobiega działaniu wolnych rodników i poprawia kondycję skóry. Wysokie ciśnienie osmotyczne miodu sprzyja silniejszemu przepływowi krwi w skórze, dzięki czemu żywe tkanki są lepiej odżywione, zmarszczki ulegają spłyceniu, skóra staje się sprężysta, dotleniona i nawilżona [Jabłońska-Trypuć i Czerpak 2008, Dubiago i in. 2018, Kopczyńska i in. 2018]. Obecne w miodzie flawonoidy, sprawiają że produkt ten może odgrywać istotną rolę w ochronie skóry przed szkodliwym działaniem promieni słonecznych [Burlando i Cornara 2013]. Dodatek ekstraktów z miodu do kosmetyków poprawia wilgotność warstwy rogowej skóry o 12–15% [Lower 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Zastosowanie 7-procentowego stężenia miodu w emulsji typu olej w wodzie zapewnia wysoki stopień nawilżenia skóry [Jiménez i in. 1999].

Miód wykorzystywany jest głównie do produkcji kosmetyków pielęgnacyjnych [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Procentowy udział miodu w poszcze-

gólnych kosmetykach zależy od ich rodzaju. Mniejsze stężenia tego surowca (0,5–5%) używane są w przypadku pianek, kremów i emulsji, większe (10–15%) w bezwodnych maściach. Najczęściej miód stanowi 1–10% składu kosmetyków, głównie w pomadkach do ust, mleczkach do demakijażu, nawilżających kremach i żelach, kosmetykach do pielęgnacji skóry po opalaniu, tonikach, lotionach, szamponach i odżywkach do włosów. Wyższe koncentracje miodu >70% mogą być używane w połączeniu miodu z olejami, w środkach żelujących, emulgatorach i maskach do twarzy [McLoone i in. 2016, Nilforoushzadech i in. 2018]. Stosowany jest także jako alternatywa dla tradycyjnych emulgatorów w płynach do kąpieli i szamponach [Burlando i Cornara 2013]. Miód wykorzystywany jest do peelingów, gdyż zawarte w nim enzymy pomagają usunąć stary naskórek i przyspieszają powstawanie nowego [Dubiago i in. 2018]. Działanie przeciwzapalne i antyoksydacyjne miodu pomaga niwelować blizny (m.in. wolne rodniki mogą pobudzać fibroblasty, co skutkuje wytwarzaniem kolagenu i tworzeniem blizn). Miód może także zmieniać strukturę powstałych włókien kolagenu i hamować ich nadmierną aktywność [Topham 2002, Tran i Nguyen 2017]. Preparaty z miodem pomagają również w zabliźnianiu ran cukrzycowych [Alam i in. 2014], po cesarskim cięciu [Nikpour i in. 2014] oraz są skuteczne w leczeniu trądziku różowatego [Semprini i in. 2016].

Obnóża pyłkowe (pyłek pszczeli)

Obnóża pyłkowe to naturalny produkt roślinny, częściowo przetworzony przez pszczoły miodne. Obnóża są porcjami pyłku kwiatowego zebranymi przez robotnice – zbieraczki pyłku – podczas odwiedzin kwiatów. Pszczoły zbierają pyłek całym swoim ciałem. Następnie szczoteczkami umieszczonymi na pierwszej parze odnóży sczesują go i gromadzą w zagłębieniach (koszyczkach) znajdujących się na trzeciej parze odnóży. Formowane grudkowate pakiety zlepiane są nektarem, wydzieliną gruczołów ślinowych i gardzielowych [Campos i in 2008]. Po powrocie do ula zbieraczki pyłku składają obnóża w komórkach plastra. Inne pszczoły nielotne zwilżają je miodem i śliną, rozdrabniają i ubijają warstwami, a po zapełnieniu komórki do ¾ wysokości, zalewają miodem. Z tak zakonserwowanego pyłku powstaje pierzga [Wróblewska i Szczęsna 2013].

Obnóża pyłkowe są najczęściej okrągłe, ale mogą być też owalne czy wydłużone. Ich barwa jest bardzo różnorodna: biała, żółta, pomarańczowa, żółtobrązowa, różowa, niebieska, fioletowa do niemal czarnej [Wróblewska i Szczęsna 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Jest to uwarunkowane składem gatun-

kowym pyłku, z którego zostały utworzone. Charakterystyczny miodowo-kwiatowy zapach obnóży także zależy od roślin, z których zostały one pozyskane. Smak obnóży jest określany jako przyjemny: słodkawy, gorzkawy, kwaskowaty lub lekko piekący [Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Wilgotność świeżych obnóży waha się od 18% do 28,7% a nawet 35% [Rybak-Chmielewska 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, 2020]. Produkt ten musi być szybko wysuszony po jego pozyskaniu, gdyż wilgotny łatwo się psuje na skutek szybkiego rozwoju grzybów i bakterii. Zawartość wody w produkcie handlowym nie powinna przekraczać 6%. Odczyn (pH) wysuszonych obnóży pyłkowych waha się od 4,3 do 6,3 [Wilde i in. 2002, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a].

Skład chemiczny obnóży pyłkowych, a co za tym idzie ich właściwości odżywcze i aktywność biologiczna, są zależne od kraju pochodzenia i gatunku rośliny, z której zostały zebrane [Szczęsna 2006a, 2006b, Morgano i in. 2012, Nogueira i in. 2012, Taha 2015]. Pyłek kwiatowy, a tym samym obnóża pyłkowe są produktami bardzo bogatymi w substancje odżywcze i biologicznie czynne. Stwierdzono w nich obecność ok. 200–250 substancji chemicznych [Komosinska-Vassev i in. 2015, Rzepecka-Stojko i in. 2015, Kurek-Górecka i in. 2020]. Skład i zawartość podstawowych frakcji oraz związków biologicznie czynnych w obnóżach pszczelich przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Naturalne obnóża pyłkowe są rzadko bezpośrednio wykorzystywane w kosmetologii. Powodem jest trudność uzyskania z nich jednorodnych form preparatów kosmetycznych [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a]. Mikronizowane (mechanicznie rozdrobnione) obnóża pyłkowe wykorzystuje się w kosmetykach naturalnych, preparatach ochronnych i nawilżających [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Piotrowska i in. 2018, Kurek-Górecka i in. 2020]. Na skalę przemysłową do produkcji kosmetyków używane są głównie ich ekstrakty wodne, etanolowe, liofilizowane, lipidowe i dializowane. Mogą to też być ekstrakty glikolowe, glicerynowe, olejowe, woskowe i żywicowe. Zazwyczaj łączy się dwa lub więcej ekstraktów, aby zwiększyć zawartość różnych grup substancji biologicznie aktywnych, a tym samym zbliżyć się do składu naturalnego obnóży pyłkowych [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a]. Zawartość ekstraktów pyłku pszczelego w kosmetykach wynosi zwykle 0,5–5% [Basista i Sodzawiczny 2011]. Głównie są to kosmetyki przeznaczone do pielęgnacji skóry twarzy, rąk, nóg i włosów (kremy, sera, lotiony, toniki, balsamy, szampony i odżywki do włosów, mleczka i śmietanki), a niekiedy kosmeceutyki [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, 2020].

Tabela 2. Podstawowy skład pyłku pszczelego – obnóży pszczelich (wg różnych autorów)

Frakcja	Zawartość % s.m.	Źródło
Białka i aminokwasy a) białko ogólne b) aminokwasy: – aminokwasy egzogenne EAA: metionina, lizyna, treonina, histydyna, leucyna, izoleucyna, walina, fenyloalanina, tryptofan. – pozostałe aminokwasy: kwas asparginowy, kwas glutaminowy, seryna, prolina, glicyna, alanina, tyrozyna, arginina, cystyna c) kwasy nukleinowe (RNA, DNA, nukleoproteidy) d) enzymy (inwertaza, amylaza, katalaza, glukozooksydaza, fosfatazy, lipaza, esteraza, fitaza)	3,8–40,8 10,4–12,55 0,6–4,8	Szczęsna i in. 1995a, Szczęsna i Rybak-Chmielewska 1998, Almeida-Muradan i in. 2005, Szczęsna 2006a, 2006b, Campos i in. 2008, Kędzia 2008, Komosinska-Vassev i in. 2015, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, 2020, Xi i in. 2018
Lipidy i kwasy tłuszczowe a) lipidy całkowite b) kwasy tłuszczowe (α-linolenowy* 43%, linolowy* 14%, palmitynowy 28%, oleinowy 4%, stearynowy 2%, inne 9%: arachidowy, behenowy, mirystynowy, ligniocerynowy, dekanowy) c) fosfolipidy (lecytyna, kefalina, mio-inozytol) d) fitosterole	1–13 1,4–1,65 0,6–1,6	Manning 2001, Almeida-Muradian i in. 2005, Szczęsna 2006c, Komosinska-Vassev i in. 2015, Xi i in. 2018, Kurek-Górecka i in. 2020
Cukry ogółem a) cukry proste (fruktoza 24%, glukoza 18%, ryboza, arabinoza) b) dwucukry (sacharoza 5%, maltoza 2%, izomaltoza, trehaloza, turanoza, kojibioza, gencjobioza, melibioza) c) trójcukry (melecytoza) d) błonnik pokarmowy i pektyny	13–55 0,3–20	Szczęsna i in. 1995b, Szczęsna i Rybak-Chmielewska 1998, Szczęsna i in. 2002, Campos i in. 2008, Komosinska-Vassev i in. 2015, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Xi i in. 2018, Kurek-Górecka i in. 2020
Popiół	2–6	Szczęsna i in. 1995b, Campos i in. 2008, Taha 2015, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Frakcja nieoznaczona	2–3	Campos i in. 2008

*NNKT – niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe

Pyłek pszczeli ma właściwości antybiotyczne, przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwalergicznie i przeciwzakrzepowe. Wspomaga regenerację uszkodzonych tkanek [Komosinska-Vassev i in. 2015, Kurek-Górecka i in. 2020], działa odnawiająco, odżywiająco, przeciwzmarszczkowo i przeciwstarzeniowo (anti-age) [Paradowska i in. 2014, Kopczyńska i in. 2018]. Aktywnie oddziałuje na tkanki skóry przede wszystkim dzięki bogactwu polifenoli, a zwłaszcza wysokiej zawartości flawonoidów. To polifenole i witamina C decydują o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej surowca [Kim i in. 2015, Rzepecka-Stojko i in. 2015, Kurek-Górecka i in. 2020]. Flawonoidy wzmacniają i uszczelniają naczynia włosowate. Efekt ten jest potęgowany wysoką zawartością witaminy C, która działa też na skórę rozjaśniająco. Dlatego obnóża są komponentem kremów dla skóry naczynkowej. Ponadto flawonoidy (kemferol, kwercetyna, naryngenina), a także kwasy fenolowe (ferulowy, kawowy, *p*-kumarowy), kwasy tłuszczowe, fitosterole i enzymy warunkują działanie antyzapalne, przeciwgrzybicze i przeciwbakteryjne tego surowca. Kemferol, kwercetyna, naryngenina oraz kwas ferulowy mają silne właściwości fotoprotekcyjne [Nisakorn 2015, Xi i in. 2018]. Ponadto związki fenolowe zmniejszają syntezę melaniny w komórkach skóry [Kim i in. 2015, Sun i in. 2017], co zostało wykorzystane w produkcji kosmetyków chroniących cerę przed hiperpigmentacją [Kim i in. 2015].

Składniki obnóży pyłkowych wpływają korzystnie na: metabolizm komórek skóry (glukoza, witamina B_3), metabolizm kolagenu, regenerację naskórka i skóry właściwej (prowitamina A, Zn, Fe) oraz na keratynizację naskórka włosów i paznokci (metionina, Zn). Działanie nawilżające związane jest z zawartością glukozy, fruktozy, lizyny, kwasu γ-linolowego i fosfolipidów. Witamina E (tokoferol) ma silne działanie ochronne – antyoksydacyjne i przeciwstarzeniowe. Także kwas linolowy hamuje procesy starzenia skóry. Dzięki zawartości Zn, metioniny i fosfolipidów oraz aminokwasów zawierających S (głównie cysteiny) obnóża pszczele normalizują pracę gruczołów łojowych skóry, zmniejszając produkcję sebum [Basista i Sodzawiczy 2011]. Z tego powodu pyłek z obnóży jest używany do produkcji szamponów do włosów tłustych. Dodaje się go też do szamponów przeciwłupieżowych, gdyż ogranicza rozwój grzybów, likwidując swędzenie skóry, a jednocześnie działa nawilżająco, kondycjonująco i regeneracyjnie [Kopczyńska i in. 2018]. Cysteina pobudza też wzrost włosów i wzmacnia ich strukturę [Feás i in. 2012]. Właściwości obnóży pyłkowych wspomagają leczenie różnych form trądziku, łojotokowego zapalenia skóry i łysienia, a także atopowego zapalenia skóry [Kędzia 2008, Basista i Sodzawiczy 2011, Kopczyńska i in. 2018,

Tabela 3. Związki aktywne biologicznie w pyłku pszczelim (wg różnych autorów)

Grupa związków	Zawartość % s.m.	Związki aktywne w grupie	Źródło
Polifenole	1,6 1,4 0,2	Ogółem a) flawonoidy (>20, 3–8%), w tym pochodne glukozydowe kemferolu, kwercetyny (rutyna) i izoramnetyny b) leukotrieny c) katechiny d) kwasy fenolowe: chlorogenowy, ferulowy, *p*-kumarowy	Basista i Sadawiczny 2011, Komosinska-Vassev i in. 2015, Rzepecka-Stojko i in. 2015, Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Kurek-Górecka i in. 2020
Witaminy	0,7	a) rozpuszczalne w tłuszczach (β-karoten – prowitamina A, witamina E – tokoferol, witamina D) b) rozpuszczalne w wodzie (tiamina – wit. B_1, ryboflawina – wit. B_2, niacyna – wit. B_3, pyridoksyna – wit. B_6, kwas askorbinowy – wit. C, kwasy: pantotenowy – wit. B_5, nikotynowy i foliowy, biotyna – wit. H, inozytol – wit. B_7)	Komosinska-Vassev i in. 2015, Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Kurek-Górecka i in. 2020
Składniki mineralne	1,6	a) makroelementy: Ca, P, Mg, Na i K b) mikroelementy: Fe, Cu, Zn, Mn, Si i Se	Campos i in. 2008, Taha 2015, Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Xi i in. 2018
Wolne aminokwasy		prolina, kwas asparaginowy, arginina, kwas glutaminowy	Xi i in. 2018
Kwasy nukleinowe i nukleoproteidy DNA, RNA			Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a, Xi i in. 2018
Enzymy		ponad 100, m.in. inwertaza, amylaza, katalaza, fosfatazy, glukozooksydaza, lipazy, esterazy	Denisow i Denisow-Pietrzyk 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a
Hormony		neurohormon acetylocholina	Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016a

Kurek-Górecka i in. 2020]. Obecna w obnóżach witamina B_2 łagodzi stany zapalne w tych schorzeniach, a witamina B_3 ogranicza uczucie świądu. Inne wcześniej omawiane składniki działają przeciwzapalnie, przeciwwysiękowo oraz hamują rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych [Kopczyńska i in. 2018].

Pierzga

Pierzga to produkt beztlenowej fermentacji mlekowej obnóży pyłkowych zmagazynowanych i zamkniętych w komórkach plastra. Powstały kwas mlekowy (w stężeniu 3–3,5%) konserwuje pierzgę i zabezpiecza przed zepsuciem [Basista i Sodzewiczy 2011]. Tak zakiszony pokarm jest trwały w przechowaniu, jest też łatwiej trawiony i lepiej przyswajalny przez organizm. Pierzga stanowi pokarm białkowy dla pszczół. Dzięki jej spożywaniu u młodych robotnic mogą uaktywnić się gruczoły gardzielowe odpowiedzialne za produkcję mleczka pszczelego [Bieńkowska 1997, Skowronek 2001]. Świeża pierzga ma brunatną barwę, delikatny gorzki zapach i lekko kwaśny smak ze względu na niskie pH (ok. 4,3) [Bober i Jezierska 2019].

Pierzga różni się swoim składem od świeżego pyłku kwiatowego i obnóży pyłkowych. Przede wszystkim w wyniku fermentacji mlekowej wzrasta zawartość cukrów redukujących (o 40–50%) i kwasu mlekowego do 3,1%. Zawartość białka spada o 12% w efekcie częściowego rozkładu do peptydów i aminokwasów. Udział tych związków wzrasta o ok. 20%. Zmienia się również skład ilościowy aminokwasów [Bartosiuk i Borawska 2014, Kurek-Górecka i in. 2020] a także skład gatunkowy drobnoustrojów: maleje ilość drożdżaków, a rozwijają się mikroorganizmy z rodzajów *Lactobacillus* i *Pseudomonas* [Makowiczowa 1992]. Pierzga zawiera witaminę K oraz enzymy nieobecne w obnóżach pyłkowych [DeGrandi-Hoffman i in. 2013, Urcan i in. 2018]. Jest też dobrym źródłem związków fenolowych (kwasy: *p*-kumarowy, ferulowy, kawowy; kampferol, isoramnetyna, naringenina, kwercytyna) [Isidorov i in. 2009]. Wzbogacenie pierzgi przez pszczoły w enzymy trawienne, kwasy organiczne, substancje antybiotyczne i miód zwiększa jej wartość odżywczą.

Właściwości biologiczne pierzgi są podobne do właściwości obnóży pyłkowych. Jest to głównie działanie odżywcze, antybiotyczne i immunostymulujące. W kosmetyce i dermatologii wykorzystuje się pierzgę do produkcji kremów, lotionów, past do zębów i szamponów. Preparaty na jej bazie działają odżywczo na skórę oraz korzystnie na włosy, wzbogacając je w witaminy i biopierwiastki [Chrząstek i Dondela 2014]. Ze względu na wysoką zawartość kwasu L-mlekowego kosmetyki zawierające pierzgę wpływają na odnowę skóry poprzez usunięcie zrogowaciałych komórek. Tym samym poprawiają jej strukturę i koloryt. Ponadto kwas mlekowy sprawia, że skóra lepiej wchłania składniki zawarte w kremach. Stymulowana jest też synteza ceramidów i glikozaminoglikanów. Powoduje to uszczelnienie bariery lipidowej skóry, która nie traci wody i dłużej utrzymuje nawilżenie oraz zapewnia odpowiednie nawodnienie jej głębokich warstw. Kwas mlekowy odpowiada także za syntezę kolagenu, który

zwiększa grubość skóry, wygładza mniejsze zmarszczki i ujędrnia. Ponadto odblokowuje pory i działa antybakteryjnie [Chrząstek i Dondela 2014]. Obecna w składzie witamina K naprawia uszkodzenia naczyń krwionośnych, redukuje cienie pod oczami i podskórne wylewy. Pierzga pszczela świetnie działa po bezpośrednim zastosowaniu na skórę, jako składnik domowych maseczek. Ze względu na właściwości antybakteryjne i przeciwzapalne może być wykorzystywana w leczeniu zmian trądzikowych oraz grzybicy skóry [Bober i Jezierska 2019].

Propolis (kit pszczeli)

Podobnie jak obnóża pyłkowe, propolis jest częściowo przetworzonym produktem roślinnym. Jest to substancja żywiczna i balsamiczna. Powstaje ze zbieranych przez pszczoły z pąków różnych drzew, krzewów i roślin zielnych, substancji żywicznych zmieszanych z wydzielinami ich gruczołów głowowych [Rybak-Chmielewska i Szczęsna 2000]. Pszczoły odrywają małe kawałeczki tych substancji za pomocą żuwaczek i zwilżając śliną formują z nich w koszyczkach grudki w postaci obnóży, które transportują do ula. Przyniesione przez zbieraczki obnóża propolisowe są odbierane w ulu żuwaczkami przez pszczoły ulowe. Surowiec ten jest następnie mieszany z ich śliną i ulega częściowej hydrolizie pod wpływem znajdujących się w niej enzymów. Dodawany jest także pyłek i wosk [Rybak-Chmielewska i Szczęsna 2000]. Zgodnie z teorią Küstenmachera [1911] propolis powstaje z balsamu znajdującego się na powierzchni ziaren pyłku roślin owadopylnych. Podczas trawienia pyłku pszczoły oddzielają balsam i wydzielają (regurgitują) go na plastry, mieszają z woskiem tworząc kit pszczeli [Küstenmacher 1911, Kadhim i in. 2018].

Pszczoły wykorzystują propolis do pokrywania elementów wewnętrznych ula, zalepiania szpar i szczelin, obrony przed szkodnikami oraz jako materiał o właściwościach aseptycznych – bakteriobójczych i bakteriostatycznych [Rybak-Chmielewska i Szczęsna 2000].

W Polsce propolis jest najczęściej pozyskiwany z pączków i młodych pędów topoli czarnej (*Populus nigra*), brzozy (*Betula* sp.), olszy (*Alnus* sp.) świerku (*Picea abies*), kasztanowca (*Aesculus hippocastanum*), sosny (*Pinus sylvestris*) oraz z roślin zielnych [Warakomska i Maciejewicz 1992, Skowronek 2001, Lipiński 2010]. W Bułgarii, Włoszech, Szwajcarii jest to zwykle *Populus nigra*, w Albanii *Populus canadensis*, natomiast w Kanadzie *Populus deltoides*, *P. fremonti* lub *P. maximowiczi*. W krajach o klimacie tropikalnym głównym surowcem do produkcji propolisu jest *Baccharis dracunculifolia* i *Hyptis divaricata*, a także inne rośliny: *Araucaria heterophylia*, *Clusia major* i *Clusia minor* (Brazylia,

Ameryka Środkowa), *Xanthorrhoea* (Australia), *Acacia* (Afryka Północna) czy *Plumeria acuminata* i *P. acutifolia* (Hawaje) [Marcucci 1995, Kocot i in. 2018].

Świeży kit pszczeli jest substancją elastyczną, kleistą i ciągliwą, a jego konsystencja zależy przede wszystkim od temperatury, w jakiej się znajduje. W temperaturze <15°C propolis staje się twardy i lekko kruchy, o niejednorodnej strukturze, przy 36°C jest miękki i plastyczny, a w temperaturze 60–75°C topi się. Jego barwa, w zależności od pochodzenia, może przechodzić od żółtej, żółtopomarańczowej, przez rdzawobrązową do szarozielonej po prawie czarną. Charakteryzuje się on przyjemnym, aromatycznym korzenno-cynamonowym zapachem. W miarę przechowywania propolis ciemnieje, a jego zapach staje się mniej intensywny. Smak jest określany jako ostry, cierpki, piekący, gorzkawy. Propolis dobrze rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych (alkoholu, acetonie i chloroformie). Ma odczyn kwaśny – pH 3,85–4,7 [Rybak-Chmielewska i Szczęsna 2000].

Jakość handlową propolisu definiują normy: Propolis – kit pszczeli [PN-R-78891:1996] i Koncentrat propolisu [PN-A-77627:1996]. Pierwsza z nich określa wymagania dla surowca skupowanego od pszczelarzy i dzieli propolis na dwie klasy (w zależności od zawartości zanieczyszczeń): I – mniej niż 30% i II – do 50%. Cechami dyskwalifikującymi jest obecność motylicy woskowej lub innych szkodników oraz zapleśnienie, obcy zapach, a także inne zanieczyszczenia. Druga norma dotyczy półproduktu otrzymanego przez zagęszczenie pod zmniejszonym ciśnieniem, w temp. 60–65°C, oczyszczonego etanolowego ekstraktu propolisowego, do dalszego zastosowania, m.in. jako surowiec w przemyśle farmaceutycznym. Znormalizowana jest jego rozpuszczalność, zawartość zanieczyszczeń, w tym metali (As, Pb, Cu, Zn, Cd, Sn, Hg), aktywność antybakteryjna i zawartość propolisu w koncentracie (nie mniejsza niż 67%).

Skład chemiczny propolisu jest bardzo zróżnicowany i zależy od pochodzenia geograficznego i botanicznego, pory roku, jak również od rasy pszczół, metody zbioru i rodzaju rozpuszczalnika użytego do ekstrakcji [Kędzia 2006, Papotti i in. 2012, Silici i Kutluca 2005, Woźniak i in. 2019, 2021]. Udział głównych frakcji w składzie surowego propolisu przedstawiono w tabeli 4. Aktualnie w kicie pszczelim zidentyfikowano ponad 500 związków [Woźniak i in. 2019, 2021] w tym związki fenolowe (flawonoidy: chryzyna, luteolina, apigeina, galangina, kamferol, kwercetyna, pinostrobina pinocembryna; kwasy fenolowe: kawowy, ferulowy, chlorogenowy, *p*-kumarowy i ich estry), kwasy tłuszczowe (palmitynowy, linolenowy, oleinowy), kwas cynamonowy i benzoesowy, cukry, składniki mineralne, terpenoidy – bisabolol, alkohole (cetylowy, mirycylowy, amnnitol i inositol) [Isidorow 2013, Boisard i in. 2014, Huang i in. 2014, Kurek-

Górecka i in. 2014, Kasote i in. 2017, Woźniak i in. 2019, 2021]. Propolis pozyskiwany w strefie klimatu umiarkowanego jest klasyfikowany jako typ topolowy, gdyż jego głównym źródłem są pączki *Populus* spp. [Kocot i in. 2018]. Surowiec polski zawiera 11,3% wody, 4% olejku eterycznego i 1,6% popiołu. Po ekstrakcji 95% etanolem uzyskuje się 63,9% suchego ekstraktu i 36,1% nierozpuszczalnej pozostałości [Kędzia 2009a]. Analizy chemiczne ekstraktów z polskiego propolisu wykazały obecność 85 związków chemicznych [Popova i in. 2017]. Charakteryzuje je wysoka zawartość kwasów aromatycznych – cynamonowego, kawowego, ferulowego, *p*-kumarowego, benzoesowego, salicylowego, 2-amino-3-metoksybenzoesowego; estrów aromatycznych i aglikonów flawonoidowych (flawony, flawonole, flawonony, chalkony). Najważniejszymi estrami są estry etylowe kwasu cynamonowego i kawowego oraz fenylometylowe kwasu benzoesowego i salicylowego. Spośród flawonoidów najczęściej występują chryzyna, tektochryzyna, pinostrobina, pinobanksyna, pinocembryna, apigeina i chalkon pinostrobinowy [Kędzia 2006, 2009a, 2009b, Popova i in. 2017, Woźniak i in. 2019, 2021]. Wśród terpenów dominują geraniol i nerol, a wśród seskwiterpenów – fernezol, kariofilen, β-bisabolen i β-eudesmol [Kędzia 2006, 2009a]. Inne związki charakterystyczne to: kumaran, wanilina, węglowodory: eioksan, triksan, pentoksan, heksadekanol; steroidy: cholinasterol, fukosterol, stigmasterol; biopierwiastki (5 makroelementów i 17 mikroelementów) [Woźniak i in. 2018] oraz enzymy (amylazy i esterazy) [Kędzia 2006, 2009a].

Propolis ma różnorakie działanie biologiczne: antyoksydacyjne, przeciwdrobnoustrojowe (przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, antywirusowe), przeciwzapalne, immunomodulacyjne, hipotensyjne, antyagregacyjne, antyrakowe, miejscowo znieczulające, obniżające poziom cholesterolu czy uszczelniające naczynia [Chrząstek i Dondela 2014, Kopczyńska i in. 2018, Santos i in. 2019, Kurek-Górecka i in. 2020, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Woźniak i in. 2021]. Najważniejszymi składnikami biologicznie czynnymi propolisu, warunkującymi jego działanie, są kwasy fenolowe, kwas benzoesowy i cynamonowy oraz flawonoidy (flawony i flawoneny) [Popova i in. 2017, Kocot i in. 2018]. Właściwości antyoksydacyjne wykazują też triterpeny: α- i β-amaryna [Kocot i in. 2018].

Obecnie bardzo rzadko w praktyce używa się surowego propolisu. Do celów leczniczych, kosmetycznych czy dietetycznych wykorzystuje się zagęszczony ekstrakt etanolowy z kitu pszczelego (EEP), uzyskiwany na drodze ekstrakcji surowego propolisu za pomocą 70% alkoholu etylowego. Do produkcji kosmetyków stosuje się też ekstrakty wodne, glicerynowe, olejowe, liofilizowane lub mieszane, np. wodno-etanolowo-glicerynowe [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Tabela 4. Skład chemiczny surowego propolisu – podstawowe frakcje (wg różnych autorów)

Frakcja	Zawartość % s.m.	Źródło
Żywice i substancje balsamiczne (łącznie ze związkami fenolowymi)	50–80	Kędzia 2006, Isidorow 2013, Huang i in. 2014, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Woski i kwasy tłuszczowe a) wosk pszczeli 8–30%, b) wosk roślinny 6%	12–40	Kędzia 2006, Isidorow 2013, Huang i in. 2014, Santos i in. 2019
Olejki eteryczne	4–15	Kędzia 2006, Isidorow 2013, Huang i in. 2014, Santos i in. 2019
Pyłek kwiatowy	5–11	Kędzia 2006, Isidorow 2013, Huang i in. 2014
Garbniki	4–10	Isidorow 2013
Zanieczyszczenia mechaniczne (kurz, fragmenty padłych pszczół, cząstki drewna i płótna powałowego)	5–20	Isidorow 2013, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Związki biologicznie czynne a) kwasy i alkohole organiczne b) flawonoidy i terpeny	5–30	Rybak-Chmielewska 2013
Inne substancje a) aminokwasy: alanina, arginina, asparagina, cysteina, cystyna, kwas glutaminowy, leucyna, izoleucyna, kwas piroglutaminowy, glicyna, histydyna, hydroksyprolina, metionina, ornityna, prolina, fenyloalanina, sarkozyna, seryna, treonina, tryptofan, tyrozyna, walina b) biopierwiastki, m.in.: Ca, Mg, Mn, Al, Si, Zn, Cu, Fe, Co, Se, Ag c) witaminy: prowitamina A, tiamina, ryboflawina, pirydoksyna, C i E d) cukry: fruktofuranoza-1, fruktofuranoza-2, glukoperanoza e) enzymy	5	Marcucci 1995, Hegazi i in. 2000, Kędzia 2006, Boisard i in. 2014, Bonamigo i in. 2017, Kocot i in. 2018, Woźniak i in. 2018, 2019, Kurek-Górecka i in. 2020

Propolis należy do najczęściej wykorzystywanych w produkcji kosmetyków i kosmeceutyków produktów pszczelich. Wchodzi on w skład kosmetyków pielęgnacyjnych (kremów nawilżających, odżywczych, ochronnych, lotionów, mydeł, pudrów, past do zębów, kosmetyków do pielęgnacji włosów, maseczek, toników, wód do ust, płynów do higieny intymnej, środków po goleniu i depilatorów) i upiększających (szminek i błyszczyków do ust oraz tuszów i kredek do rzęs) [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016b, 2020]. Propolis jest ceniony w kosmetologii głównie za działanie przeciwdrobnoustrojowe, regeneracyjne, odżywcze oraz właściwości konserwujące. Silny charakter antyoksydacyjny (związki fenolowe i flawonoidy neutralizują niekorzystny wpływ wolnych rodników na skórę) daje też efekt przeciwstarzeniowy i przeciwzapalny [Boisard i in. 2020]. Ze względu na zawarte kwasy: kawowy, kumarowy i ferulowy, kit pszczeli wykazuje działanie fotoprotekcyjne przeciwko promieniowaniu UVA i UVB, dlatego jest dobrym dodatkiem do ochronnych kosmetyków przeciwsłonecznych (*sun blockers*), jak sztyfty, pomadki, kremy, lotiony [Kryczyk i in. 2018, Kurek-Górecka i in. 2020]. Obecność Fe i Zn w surowcu wpływa na syntezę włókien kolagenowych, regenerację naskórka i głębszych warstw skóry oraz na regenerację włosów i paznokci [Kopczyńska i in. 2018]. Propolis rozjaśnia cerę (kwas salicylowy), zmniejsza oznaki zmęczenia, nawilża i wygładza zmarszczki [Sawicka i Borawska 2013]. Krzem (Si) i cynk (Zn) regulują pracę gruczołów łojowych i wydzielanie sebum. Jednocześnie kit pszczeli silnie działa na bakterie *Cutibacterium acnes* (wywołującą trądzik) i *Staphylococcus epidermis* oraz na grzyba *Penicillium italicum* (pinocembryna). Dlatego kosmetyki z dodatkiem propolisu są polecane do skóry trądzikowej, łojotokowej i skłonnej do podrażnień, a szampony wykorzystuje się w pielęgnacji włosów przetłuszczających się oraz w leczeniu łupieżu i zapobieganiu jego nawrotom [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2016b, Kopczyńska i in. 2018]. Mydło propolisowe jest zalecane dla cery trądzikowej, atopowej i przesuszonej. Pasty do zębów z zawartością propolisu redukują tworzenie się płytki nazębnej i hamują rozwój bakterii próchnicogennych. Dodatkowo wzmacniają dziąsła, działają dezodorująco i uśmierzają ból towarzyszący paradontozie [Kędzia 2011]. Kosmeceutyki to preparaty zawierające 3% i 10% EEP, takie jak maści, balsamy czy pianka propolisowa. Są one przeznaczone do pielęgnacji i ochrony skóry przy oparzeniach, odmrożeniach, odleżynach, stanach zapalnych skóry, w trądziku pospolitym, różowatym i ropowiczym oraz po ukąszeniach owadów. Są dość skuteczne w leczeniu ropnych chorób skóry, jak liszajec pospolity, liszajec gronkowcowy czy niesztowice [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Propolis sprawdza się też w leczeniu grzybic skóry, łysienia plackowatego i uogólnionego oraz atopowego zapalenia skóry

i łuszczycy [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2012]. Właściwości regeneracyjne i antywirusowe są wykorzystywane w leczeniu zmian opryszczkowych [Kurek-Górecka i in. 2020].

Produkty pszczele pochodzenia zwierzęcego

Mleczko pszczele

Mleczko jest wydzieliną gruczołów gardzielowych i żuwaczkowych młodych pszczół robotnic – karmicielek. Gruczoły te mieszczą się w przedniej części głowy owadów i są najbardziej aktywne u pszczół w wieku 4–16 dni. Mleczko pszczele służy do karmienia larw robotnic i trutni przez pierwsze 3–4 dni życia oraz matki pszczelej przez cały okres życia larwalnego i po unasiennieniu w okresie czerwienia (składania jaj) [Szymaś i Szczęsna 2013, Wang i in. 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Świeże mleczko ma najczęściej barwę jasnokremową do jasnożółtej, ale występuje też zabarwienie niebieskawe, jasnobrązowe lub brudnoszare. Zapach jest dość ostry i bardzo charakterystyczny, smak wyraźnie cierpko-kwaśny a konsystencja – półpłynna, mazista i gęsta [PN-R-78892:1996]. Mleczko pszczele źle rozpuszcza się w wodzie, dając zawiesinę, a bardzo dobrze w miodzie. Odczyn jest kwaśny – świeże mleczko ma pH 3–3,8 [Ramadan i Al-Ghamdi 2012, Szymaś i Szczęsna 2013]. W osadzie mleczka występują: pyłek kwiatowy, zarodniki grzybów, niekiedy fragmenty tkanek roślinnych, wylinki i odchody larw, łuseczki wosku, włoski z ciała pszczół, grudki propolisu [Szymaś i Szczęsna 2013].

Pod względem chemicznym mleczko pszczele jest wodną emulsją różnorodnych związków (tab. 5). Obok wody, dominującym składnikiem są białka, wśród których albuminy stanowią ok. 16%, a globuliny ok. 84% [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Ważną grupą związków są peptydy (apisimina, jelleiny I, II, III, IV) oraz białka – rojalizyna i enzymy [Ramanathan i in. 2018]. Mleczko pszczele zawiera też lipidy, sole mineralne, witaminy i biopierwiastki (tab. 5). Głównym i unikatowym związkiem lipidowym jest kwas tłuszczowy – kwas 10-hydroksy-trans-2-dekanowy 10-H2DA, wykorzystywany jako marker jakości mleczka pszczelego [Sugiyama i in 2012]. Cechą charakterystyczną jest też występowanie hormonów m.in. acetylocholiny [Chrząstek i Dondela 2014]. Świeże mleczko pszczele to surowiec nietrwały, dlatego poddaje się je procesowi liofilizacji. W tej postaci (preparaty liofilizowane) surowiec stosuje się w przemyśle kosmetycznym. Firmy kosmetyczne wykorzystują nanoprzenośniki, takie jak

liposomy, aby zwiększyć absorbcję i transport mleczka w głąb skóry [Hameed i in. 2019]. Skład chemiczny mleczka liofilizowanego przedstawiono w tabeli 5.

Mleczko pszczele ma szerokie spektrum aktywności biologicznej w odniesieniu do skóry [Pavel i in. 2011, Kurek-Górecka 2020]. Działa ono przeciwbakteryjnie i ma wysoką aktywność biostatyczną (hamuje wzrost bakterii, grzybów drożdżaidalnych i dermofitów) głównie dzięki obecności 10-HDA (kwas 10-hydroksy-2-dekanowy), kwasu ferulowego, lizozymu oraz rojalizyny i jellein I, II, III [Pavel i in. 2011, Bartosiuk i Borawska 2013, Fratini i in. 2016a, Kurek-Górecka 2020]. Mleczko pszczele ma też działanie przeciwzapalne, immunomodulacyjne i przeciwalergiczne, które zawdzięcza kwasom 10-HDAA (kwas 10-hydroksydekanowy) i 3,10-DDA (kwas 3-10-dihydroksydekanowy) [Pavel i in. 2011, Kurek-Górecka 2020]. Ponadto działa antyoksydacyjnie (10-HDA, wolne aminokwasy, flawonoidy, związki fenolowe, witaminy A i C) [Kocot i in. 2018], tonizująco i nawilżająco [Pavel i in. 2011]. Ma ono wysoką wartość odżywczą i biostymulującą (źródło witamin zwłaszcza z grupy B, aminokwasów i mikroelementów); przyspiesza procesy metaboliczne i regenerację skóry, gojenie ran i ich reepitalizację (defensyna-1), stymuluje krążenie [Pavel i in. 2011, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020].

Rolę środka odżywiającego, tonizującego i stymulującego spełnia cały kompleks substancji biologicznie aktywnych mleczka [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Przeciwstarzeniowo działają kwasy 10-H2DA i 10-HDAA oraz albuminy i globuliny, które napinają i wygładzają zmarszczki [Pavel i in. 2011, Kopczyńska i in. 2018]. Kwasy 10–H2DA i 10-HDA stymulują produkcję kolagenu [Pavel i in. 2011], a ten ostatni hamuje proces syntezy melatoniny, zapobiegając przebarwieniom skóry (ostuda, plamy starcze) [Peng i in. 2017]. Glukoza oraz witaminy B_3 i B_{12} wpływają na polepszenie gospodarki wodnej skóry, nawilżając ją oraz zmniejszając utratę wody przez naskórek [Kopczyńska i in. 2018]. Witaminy B_1, B_2 i B_{12} regulują działanie gruczołów łojowych i produkcję sebum. Witamina B_5 wpływa na elastyczność skóry, a obecność witaminy B_6 jest wykorzystywana w pielęgnacji skóry z cellulitem. Witamina B_9 wpływa na działanie regenerujące mleczka, podobnie jak obecne w nim Fe, Zn, Mg. Witamina C uszczelnia naczynia krwionośne i rozjaśnia przebarwienia skóry [Kopczyńska i in. 2018].

Działanie odżywcze, antyoksydacyjne, przeciwbakteryjne, przeciwzapalne i gojące czyni mleczko pszczele idealnym komponentem kosmetyków i produktów do pielęgnacji skóry [Pavel i in. 2011]. Mleczko służy najczęściej do wytwarzania kosmetyków pielęgnacyjnych do cery normalnej, suchej, tłustej,

Tabela 5. Skład chemiczny mleczka pszczelego (wg różnych autorów)

Składniki	% s.m.*		Źródło
	mleczko świeże	mleczko liofilizowane	
Woda	60–70	<5	Sabatini i in. 2009, Ramadan i Al-Ghamdi 2012, Kocot i in. 2018
Białko a) białka proste b) białka złożone: – rojalizyna (peptyd antydrobnoustrojowy AMP, rodzina defensyn) – peptydy: apisimina, jelleiny I, II, III, IV (peptydy AMP) c) aminokwasy (w tym wolne 10%): walina, glicyna, izoleucyna, leucyna, prolina, treonina, seryna, metionina, fenyloalanina, kwas asparginowy, kwas glutaminowy, tyrozyna, lizyna, arginina, tryptofan d) hormony: linienia i juwenilny, estradiol, progesteron, testosteron, acetylocholina e) enzymy: amylaza, inwertaza, katalaza, fosfataza kwaśna, esteraza cholinowa	9–18	27–41	Fujiwara 1990, Fontana i in. 2004, Nagai i Inoue 2004, Sabatini i in. 2009, Silici i in 2009, Bărnuţiu i in. 2011, Sugiyama i in. 2012, Bartosiuk i Borawska 2013, Kocot i in. 2018, Ramanathan i in. 2018
Węglowodany a) cukry proste: glukoza i fruktoza (90% wszystkich cukrów) b) oligosacharydy: sacharoza, trehaloza, maltoza, gwntiobioza, izomaltoza, rafinoza, erloza, malezitoza	7–21	22,7–30,9	Nagai i Inoue 2004, Sabatini i in. 2009, Bartosiuk i Borawska 2013, Kocot i in. 2018
Lipidy a) kwasy tłuszczowe (stanowią 80–90% lipidów): najważniejszy i unikatowy kwas 10-hydroksy-trans-2-dekanowy 10-H2DA (27%); inne najbardziej wartościowe	3–8 >1,4	8–19 >3,5	Nagai i Inoue 2004, Sabatini i in. 2009, Ramadan i Al-Ghamdi 2012, Sugiyama i in. 2012, Bartosiuk i Borawska 2013, Kolayli i in. 2016, Kurek-Górecka i in. 2020

to kwas 10-hydroksydekanowy (10-HDAA), 3-hydroksydo-dekanowy, 11-oksododeka-nowy i kwas sebacynowy b) sterole c) glicerydy d) fosfolipidy e) woski			
Popiół (składniki mineralne) a) makroelementy: Na, K, Ca, Mg, P, S b) mikroelementy: Fe, Cu, Al., Mn, Zn, c) pierwiastki śladowe: Al, Ba, Sr, Bi, Cd, Hg, Pb, Sn, Te, Ti, W, Sb, Cr, Ni, Ti, V, Co, Mo	0,8–3,1		Nagal i Inoue 2004, Sabatini i in. 2009, Ramadan i Al-Ghamdi 2012, Kocot i in. 2018
Pozostałe związki a) witaminy: A, D, B_1, B_2, B_3, B_6, B_{12}, B_5, B_9 oraz witaminy H i C b) flawonoidy i polifenole: kwas ferulowy, kwercetyna, kemferol, izorametyna, galangina, pinocembryna, naryngina, apigeina i aca-cectyna oraz ich glikozydy, chryzyna, genistyna c) kwasy nukleinowe d) kwasy organiczne, m.in. kwas pirogronowy i mle-kowy e) pterydyny f) związki lotne: fenol, gwajakol, salicylan metylu, furozyna			Nagai i Inoue 2004, Bărnuţiu i in. 2011, Ramadan i Al.-Ghamdi 2012, Bartosiuk i Borawska 2013, López-Gutiérrez i in. 2014, Kę-dzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020

* % s.m. dotyczy wszystkich składników poza wodą

trądzikowej oraz dojrzałej: kremów, lotionów, maseczek kosmetycznych, wód, emulsji, mleczek mydeł, pudrów płynnych, balsamów, dezodorantów, depilatorów. Z powodzeniem może być stosowane jako dodatek do kremów nawilżających, gdyż stopień nawilżenia warstwy rogowej naskórka po ich zastosowaniu zdecydowanie się zwiększa [Bocho-Janiszewska i in. 2013]. Im większe jest stężenie mleczka liofilizowanego, tym bardziej zmniejsza się lepkość kremów.

Liofilizowane mleczko pszczele jest kompatybilne z innymi składnikami emulsji, ale jego zawartość nie wpływa na jej stabilizację [Bocho-Janiszewska i in. 2013]. Ponadto ze względu na korzystne działanie na paznokcie (odnawia płytki paznokci i przeciwdziała ich rozwarstwieniu) i włosy (stymuluje porost włosów, odżywia cebulki, zapobiega siwieniu i łupieżowi, hamuje łojotok), jest składnikiem lakierów do paznokci i szamponów do włosów [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Preparaty z mleczka pszczelego są też wykorzystywane w produkcji kosmeceutyków o wysokiej aktywności biostymulującej i przeciwdrobnoustrojowej do leczenia różnych chorób dermatologicznych, np. łojotokowego zapalenia skóry, egzemy, łysienia łojotokowego i plackowatego [Bartosiuk i Borawska 2013], a także w chorobach przyzębia [Yanagita i in. 2011], zapaleniach jamy ustnej, języka i gardła [Bartosiuk i Borawska 2013, Kurek-Górecka i in. 2020]. Kosmetyki pielęgnacyjne zawierają zwykle od 0,04% do 0,06% mleczka pszczelego świeżego lub liofilizowanego, a kosmeceutyki – 0,5–2% [Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Wosk pszczeli

Wosk stanowi wydzielinę gruczołów woskowych, które znajdują się na dolnej stronie odwłoka ciała woszczarek – od 4 do 7 stergitu (dolne półpierścienie). Najintensywniejsze wypacanie wosku odbywa się u młodych (12–18 dni) robotnic, które podczas budowy plastrów charakterystycznie zwisają, tworząc łańcuszki. Wypocony wosk ma postać płynną, po czym zastyga na powierzchni tzw. lusterek woskowych w postaci łuseczek, które następnie są obrabiane żuwaczkami [Bogdanov 2004a, Szczęsna 2013a]. Podczas tego procesu dodawana jest wydzielina wargi dolnej pszczół [Bogdanov 2017b]. Wosk służy do budowy plastrów, w których pszczoły wychowują potomstwo i deponują pokarm w postaci miodu i pierzgi. W klimacie umiarkowanym pszczoły wytwarzają najwięcej wosku od kwietnia do czerwca [Bogdanov 2004a]. Silna rodzina w ciągu sezonu może wyprodukować 2–3 kg wosku [Szczęsna 2013a]. Świeżo wydzielony przez pszczoły wosk cechuje się jasnym, niemal białym kolorem, z czasem ciemnieje przybierając różne odcienie barwy od kremowej, poprzez żółtą, do brązowej [Hepburn i in. 1991, Bogdanov 2004a, Szczęsna 2013a].

Wosk jest ciałem stałym o przyjemnym aromacie. W temperaturze 30–35°C staje się plastyczny, przy 46–47°C struktura ciała stałego jest zniszczona, zaś pomiędzy 60°C a 70°C zaczyna się topić. Podgrzewanie wosku do 95–105°C prowadzi do powstawania na jego powierzchni piany, podczas gdy w temperaturze 140°C frakcje lotne zaczynają się ulatniać [Bogdanov 2017a]. Wosk jest

odporny na większość kwasów oraz nierozpuszczalny w wodzie i zimnym alkoholu. Częściowo ulega rozpuszczeniu w gorącym alkoholu, a całkowicie w rozpuszczalnikach organicznych (zwłaszcza na gorąco): benzenie, eterze, ksylolu, trójcholoroetylenie, czterochlorku węgla, chloroformie, acetonie, benzynie [Bogdanov 2004a]. Ciężar właściwy wosku w temperaturze 15°C wynosi 0,954–0,969 kg/m³ [Goik i in. 2016]. Temperatura topnienia wosku waha się od 62°C do 65,2°C [Puelo 1991, Rybak-Chmielewska 1998, Szczęsna 2013a, Goik i in. 2016]. Zgodnie z normą Wosk pszczeli [PN-R-78890:1996] wyróżnia się dwie klasy jakości wosku. Do I klasy zaliczono wosk o jednorodnej strukturze i jednolitej barwie (od białej lub jasnożółtej do ciemnożółtej lub zielonkawobrązowej), bez obecności wody koloidowej. Wosk II klasy ma barwę od brązowej do ciemnobrunatnej lub szarej z odcieniem oliwkowym, nie musi być ona jednolita, ale bez białych smug. Może zawierać niewielkie ilości wody koloidowej. Wosk obu klas powinien cechować się pewną plastycznością, brakiem poślizgu oraz charakterystycznym zapachem miodu i propolisu [Szczęsna 2013a]. Znormalizowana jest także maksymalna zawartość węglowodorów i zanieczyszczeń, temperatury topnienia oraz wartości ważniejszych liczb właściwych jak liczba kwasowa, zmydlenia, jodowa [Bogdanov 2004b, Szczęsna 2013a].

Skład chemiczny wosku zależy od rejonu geograficznego skąd pochodzi [Münstedt i Bogdanov 2009], może różnić się między poszczególnymi rodzinami pszczelimi, a także rasą i gatunkiem pszczół [Buchwald i in. 2006]. Wosk jest złożoną mieszaniną ponad 300 składników [Tulloch 1980, Stöckli 1997], wśród których dominują związki chemiczne zbudowane z węgla, wodoru i tlenu [Rybak-Chmielewska 1998] (tab. 6).

Wosk znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach życia: w przemyśle spożywczym, kosmetycznym, farmaceutycznym, włókienniczym, farbiarskim, stomatologii oraz do wyrobu świec [Goik i in. 2016, Fratini i in. 2016b, Cornara i in. 2017]. W farmacji (25–30%) i w produkcji kosmetyków (25–30%) stosuje się dwa rodzaje wosku: wosk bielony – *Cera alba* i wosk żółty – *Cera flava* [Goik i in. 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020]. Bielenie wosku odbywa się pod wpływem promieni słonecznych, poprzez sączenie wosku przez kolumnę z węglem aktywnym lub innym adsorbentem oraz z wykorzystaniem wybielaczy chemicznych (np. nadmanganian potasu z kwasem solnym, dwuchromian potasu z kwasem siarkowym) [Rybak-Chmielewska 1998].

Wykorzystanie wosku w kosmetyce datuje się od czasów antycznych. Stanowił on składnik kremów i maści [Münstedt i Bogdanov 2009]. Egipcjanie mieszali wosk z żywicami i wykorzystywali tę miksturę do nabłyszczania włosów [Hebda 2014]. Druga żona cesarza Nerona, Poppea, utrzymywała młodą i świeżą skórę twarzy dzięki stosowaniu maseczek z wosku i miodu [Stangaciu

i Hartenstein 2007]. Współcześnie wosk znajduje podobne zastosowanie [Bogdanov 2004a]. Używany do produkcji kosmetyków działa jako regulator konsystencji i lepkości oraz stabilizator emulsji, zapobiega wysuszeniu skóry jako

Tabela 6. Skład chemiczny wosku pszczelego (wg różnych autorów)

Składnik	Zawartość (%)	Źródło
Estry alkoholi i kwasów tłuszczowych – monostery (palmitynian mircylu, cerotynian mircylu) – diestry – triestry – hydroksy monoestry – hydroksy poliestry – kwaśne poliestry – kwaśne estry	67,0–72,0 35,0 14,0 3,0 4,0 8,0 2,0 1,0	Szczęsna 2013a, Bogdanov 2017a, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Wolne kwasy tłuszczowe – kwasy nasycone (palmitynowy, melisynowy, psyliowy, cerotylowy, lignocerynowy) – kwasy nienasycone (10-hydroksy-2-decenowy)	12,0–14,5	Hepburn i in. 1991, Szczęsna 2013a, Bogdanov 2017a
Węglowodory a) nasycone – alkany (głównie heptakozan, nonakozan, hentriakontan, pentakozan, trikozan) – izoalkany – olefiny – cykloalkany b) nienasycone – alkeny	10,0–14,0	Szczęsna 2013a, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Alkohole	1,0	Szczęsna 2013a, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Inne związki – wolne alkohole tłuszczowe (cetylowy, mirycylowy) – fitosterole (cholesterol) – laktony – karotenoidy (β-karoten) – flawonoidy (chryzyna, pinocembryna, pinobanksyna, galangina, tektochryzyna) – związki lotne (estry kwasów: masłowego, octowego, walerianowego) – woda	3,5–6,0 1,0	Szczęsna 2013a, Goik i in. 2016, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020

głównie w tych kosmetykach, w których niepotrzebny jest charakterystyczny zapach wosku żółtego. Jest także niezastąpiony przy produkcji emulsji o typie masy perłowej stosowanej przy produkcji kremów przygotowywanych na zimno składnik kremów i kosmetyków do pielęgnacji włosów [Szczęsna 2013a], którym nadaje miękkość [Kopczyńska i in. 2018]. Kosmetyki z dodatkiem wosku pszczelego polecane są do pielęgnacji delikatnej, zwłaszcza suchej skóry. Oczyszczają naskórek, zmiękczają i odżywiają skórę właściwą, zapobiegając starzeniu się skóry [Márquez i in. 2019]. Wosk bielony wykorzystywany jest [Bogdanov 2017b], kremów odżywczych, ściągających, oczyszczających, jak również maseczek do twarzy [Márquez i in. 2019]. Wosk pszczeli nie powoduje podrażnień oraz nie zatyka porów (stopień komedogenności 0–2), dzięki czemu jest wykorzystywany przy produkcji współczesnych kosmetyków jako zagęszczacz, emolient i emulgator [Münstedt i Bogdanov 2009, Bogdanov 2017b]. Wosk zawarty w kremach tworzy warstwę ochronną na skórze, dając okluzję nieciągłą, uelastycznia oraz sprawia, że wygląda ona świeżo i gładko [Bogdanov 2004a, Kopczyńska i in. 2018]. Kwas palmitynowy obecny w wosku pszczelim tworzy na skórze warstwę okluzyjną, dzięki czemu preparaty zawierające ten produkt zapobiegają odparowaniu wody z naskórka. Kwas ten nadaje włosom miękkość, a skóra staje się silnie wygładzona [Kopczyńska i in. 2018]. Wosk dodany do kremów przeciwsłonecznych wzmacnia działanie ochronne przeciw promieniowaniu UV. Produkt ten nie powoduje alergii, daje trwałe emulsje (poprawia wiązanie wody w maściach i kremach), przyspiesza regenerację, działa lekko przeciwzapalnie [Stangaciu i Hartenstein 2007, Goik i in. 2016], antybakteryjnie i przeciwgrzybiczo [Fratini i in. 2016b]. Preparaty na bazie wosku pszczelego znajdują zastosowanie w leczeniu trądziku, łuszczycy, czyraków i ropni, a także łupieżu pstrego oraz pieluszkowego i atopowego zapalenia skóry [Kędzia i Hołderna-Kędzia 1994]. Wosk chroni skórę przed zimnem, słońcem i wpływem środowiska. Szczególnie skutecznie działa w połączeniu z propolisem [Stangaciu i Hartenstein 2007]. Zastosowany w pomadkach, korektorach i błyszczykach stabilizuje ich połysk, kolor i konsystencję, poprawia efektywność mydeł [Goik i in. 2016]. Dzięki zawartości β-karotenu, który jest wartościowym źródłem witaminy A, preparaty zawierające wosk pszczeli pomagają w problemach skórnych. Witamina A opóźnia degradację kolagenu, stymuluje podziały mitotyczne w naskórku, czym wpływa na szybszą odbudowę skóry zniszczonej [Buchwald i in 2009, Kurek-Górecka i in. 2020].

Zawartość wosku w preparatach kosmetycznych waha się od kilku do 50% [Münstedt i Bogdanov 2009]. Wosk pszczeli najczęściej używany jest do poprawy tekstury kosmetyku w kremach, maściach, balsamach i lotionach (1–3%), w kremach typu cold (ang. *cold cream*, 8–12%) tuszach do rzęs (6–20%)

i cieniach do powiek (6–20%). Występuje także w dezodorantach (do 35%), preparatach do depilacji (do 50%), kosmetykach do włosów (1–10%), szminkach do ust (10–15%), różach do policzków (10–15%) i innych produktach [Goik i in. 2016, Bogdanov 2017b, Pavlačková i in. 2020].

Jad pszczeli (apitoksyna)

Stanowi wydzielinę gruczołu jadowego znajdującego się w ciele matki pszczelej i robotnic. U tej ostatniej kasty jest on częścią aparatu żądłowego, który powstał z przekształconych pierścieni 8 i 9 segmentu odwłoka. W skład aparatu żądłowego wchodzi część podstawowa złożona z kilku par chitynowych płytek połączonych ze sobą stawami i błonami oraz właściwa część kłująca [Szczęsna 2013b]. Tworzy ją sztylet żądła i dwie połączone z nim szczecinki kłujące z zadziorami skierowanymi ku tyłowi [Demianowicz i Gromisz 1998]. Z żądłem połączony jest zbiornik jadowy, gruczoł jadowy (kwaśny) i gruczoł alkaliczny. Pszczoły rozpoczynają wydzielanie jadu już następnego dnia po wygryzieniu się z komórek, ale najintensywniej proces ten przebiega między 15 a 20 dniem życia owadów. Stwierdzono, że pokolenie pszczół wiosennych wytwarza więcej jadu w porównaniu z innymi pokoleniami. Pojemność woreczka jadowego wynosi 0,3 mg, ale od jednej pszczoły można pozyskać zaledwie 0,085–0,130 mg jadu [Szczęsna 2013b].

Jad stanowi około 30% wodny roztwór biologicznie aktywnych składników o bezbarwnym kolorze, gorzko-piekącym smaku i charakterystycznym zapachu. Bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie, natomiast słabo w alkoholu. Jego ciężar właściwy wynosi 1,131 g/cm^3, a pH 5,0–5,5 [Szczęsna 2013b]. Jad zawiera aktywne białka (łącznie 102), peptydy, enzymy i aminy biogenne oraz składniki lotne: estry, octan izoamylowy, propionian izoamylowy i maślan izoamylowy [Łukasiewicz 2021] (tab. 7). Podczas przechowywania jadu należy zwrócić uwagę na dostęp światła, gdyż drastycznie zmniejsza ono właściwości antybakteryjne tego produktu. Najczęściej wykorzystuje się wysuszony jad, uprzednio przechowywany w hermetycznych, szklanych pojemnikach w temperaturze –15°C do 2°C [Szczęsna 2013b].

Jad wykorzystywany jest w farmacji i medycynie, a także w kosmetologii. Działa bakteriobójczo, wirusobójczo, pobudza produkcję kortyzolu, obniża ciśnienie tętnicze i stężenie cholesterolu, działa przeciwkrzepliwie, cytostatycznie, przeciwzapalnie, antyfibrotycznie, antyapoptycznie [Kim i in. 2019].

Melityna, która jest głównym polipeptydem jadu (stanowi 40–75% jego suchej masy), ma właściwości hemolityczne, może pobudzać i porażać akcję serca,

działa przeciwzapalnie, przeciwbólowo, zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych [Rybak-Chmielewska 1998]. Jest odpowiedzialna za rozkład i zabijanie komórek oraz ból po użądleniu [Chen i in. 2016]. Wykazuje właściwości przeciwbakteryjne, bakteriostatyczne oraz przeciwutleniające [Matysiak i in. 2008]. Apamina blokuje przepływ jonów K^+ w błonie komórkowej zakończeń nerwów, działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo, zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych [Rybak-Chmielewska 1998], poprawia pamięć i zdolność uczenia się [Pucca i in. 2019]. Peptyd MCD składający się z 22 aminokwasów, degranuluje komórki tuczne, działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo, zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych [Rybak-Chmielewska 1998, Pucca i in. 2019]. Histamina rozszerza naczynia włosowate, zwiększając ich przepuszczalność, wzmaga wydzielanie soku żołądkowego [Rybak-Chmielewska 1998]. Serotonina podnosi ciśnienie krwi, bierze udział w procesach krzepnięcia krwi, pobudza perystaltykę jelit. Zawartość tego hormonu w jadzie pszczół jest zmienna – zależy od wieku pszczół i okresu w ciągu roku [Rybak-Chmielewska 1998]. Hialuronidaza stanowi 1–3% suchej masy jadu i jest odpowiedzialna za reakcje alergiczne po użądleniu [Łukasiewicz 2021], katalizuje rozkład kwasu hialuronowego wskutek czego powstają oligosacharydy o różnej długości łańcucha, ułatwia przenikanie pozostałych składników jadu w głąb struktur tkankowych [Rybak-Chmielewska 1998] oraz redukuje blizny [Stangaciu i Hartenstein 2007]. Fosfolipaza A2 (PLA2) rozbija wiązania między kwasem tłuszczowym a gliceryną w fosfolipidach (np. lecytyna – fosfogliceryd cholinowy – pod wpływem fosfolipazy A przekształca się w lizolecytynę – związek o silnym działaniu hemolitycznym). Powoduje zakłócenie procesów fizjologicznych na poziomie tkankowym i komórkowym, ułatwia przenikanie pozostałych składników jadu w głąb struktur tkankowych [Rybak-Chmielewska 1998]. Należy do najbardziej alergennych i immunogennych składników jadu [Łukasiewicz 2021]. Fosfataza kwaśna – wykazuje właściwości rozszczepiania kwasu hialuronowego i innych składników tkanki łącznej, przyczyniając się do przenikania pozostałych składników jadu w głąb struktur tkankowych [Rybak-Chmielewska 1998]. Jest odpowiedzialna za nadwrażliwość na jad pszczeli [Łukasiewicz 2021]. Adolapina stanowi 2–6% suchej masy jadu. Działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo, zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych [Rybak-Chmielewska 1998, Łukasiewicz 2021]. Sekapina ma właściwości przeciwzapalne i przeciwbólowe, zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych, inhibuje proces rozkładu elastyny w komórkach i tkankach, dzięki czemu skóra pozostaje napięta i sprężysta [Rybak-Chmielewska 1998]. Dopamina zwiększa przepuszczalność naczyń włosowatych, rozszerza naczynia krwionośne [Rybak-Chmielewska 1998].

Tabela 7. Skład chemiczny jadu pszczelego (wg różnych autorów)

Składnik	Zawartość (%)	Źródło
Białka (enzymy) – hialuronidaza – fospolipaza A2 (PLA2) – fosfolipaza B – α-glikozydaza – fosfataza kwaśna	 1,0–3,0 10,0–12,0 1,0 1,0 0,6	Rybak-Chmielewska 1998, Son i in. 2007, Cornara i in. 2017, Samanci i Kekeçoğlu 2019, Wehbe i in. 2019, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020
Petydy – melityna – sekapina – MCD – tetriapina – apamina – prokamina – tercjapina – adolapina – peptydy małocząsteczkowe	 40,0–50,0 0,5–2,0 1,0–2,0 0,1 1,0–3,0 1,0–2,0 1,0 <0,1 13,0–15,0	Rybak-Chmielewska 1998; Stangaciu i Hartenstein 2007, Lee i Bae 2016, Cornara i in. 2017, Rady i in. 2017, Samanci i Kekeçoğlu 2019, Wehbe i in. 2019, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020
Aminy – histamina – serotonina – dopamina – noradrenalina – kwas γ-aminobutyrowy	 0,5–2,0 0,2–2,0 0,2–1,0 0,1–0,5 0,5	Rybak-Chmielewska 1998, Samanci i Kekeçoğlu 2019, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020
Węglowodany – glukoza, fruktoza	 2,0–6,0	Rybak-Chmielewska 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020
Fosfolipidy	5,0	Rybak-Chmielewska 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020, Kurek-Górecka i in. 2020
Lipidy (sterole)	1,0–3,0	Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Wolne aminokwasy – 18 związków	 1,0	Rybak-Chmielewska 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Biopierwiastki – żelazo, magnez, miedź, mangan, wapń, cynk, inne	 4,0–8,0	Rybak-Chmielewska 1998, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020
Inne, np. feromony	4,0–8,0	Rybak-Chmielewska 1998, Kurek-Górecka i in. 2020

Działanie biologiczne jadu uzależnione jest od drogi wprowadzenia go do organizmu (bezpośrednio do tkanek poprzez użądlenie lub naniesienie na skórę) i od dawki. Jad ma działanie przeciwzapalne (przeciwartretyczne, przeciwreumatyczne), przeciwbólowe, przeciwdrobnoustrojowe (antywirusowe, antybakteryjne), przeciwnowotworowe (chroni przed szkodliwym działaniem promienio-

wania jonizującego). Pod wpływem enzymów trawiennych i substancji utleniających jad traci swoją aktywność biologiczną [Rady i in. 2017, Wehbe i in. 2019, Kędzia i Hołderna-Kędzia 2020].

Jad pszczeli wykorzystywany jest prawie wyłącznie w kosmeceutykach. Zalecane jest nanoszenie go na nieuszkodzoną skórę w niewielkich ilościach (10–150 µm na około100 cm² skóry). Preparaty te polecane są głównie do cery dojrzałej.Ze względu na działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe i usprawniające krążenie krwi w powierzchniowych warstwach skóry, kosmeceutyki na bazie jadu wykorzystywane są do leczenia chorób na tle reumatycznym, zwyrodnieniowym, pourazowym mięśni i stawów. Jad pszczeli określany jest jako bezigłowy botoks, gdyż powoduje syntezę włókien kolagenowych i elastynowych, a skóra staje się napięta i gładka jak po toksynie botulinowej [Kopczyńska i in. 2018]. Jad działa terapeutycznie przy trądziku, twardzinie, łuszczycy, atopowym zapaleniu skóry, łysieniu. Pomaga zniwelować przebarwienia, zmniejsza skutki fotostarzenia skóry i redukuje zmarszczki [Parente i in. 2020]. Co ważne, apitoksyna zastosowana na skórę w postaci emolientu nie wykazuje działania fototoksycznego ani fotouczulającego [Han i in. 2017] oraz nie wywołuje miejscowej reakcji alergicznej [Han i in. 2012]. Zastosowanie jadu na skórę opóźnia procesy starzenia się skóry, redukuje przebarwienia, wykazuje działanie fotoprotekcyjnie (m.in. hamuje fotostarzenie) oraz może wywierać wpływ miorelaksacyjny na zmarszczki mimiczne [Han i in. 2007, 2015]. Jad pszczeli ma działanie antybakteryjne głównie na *Cutibacterium acnes* odpowiedzialnej za zmiany trądzikowe, *Staphylococcus aureus, S. epidermidis, S. pyrogenes,* przeciwgrzybicze (*Trichophyton mentagrophytes, T. rubrum, Candida albicans, Malassezia furfur*, antywirusowe (m.in. *Herpes* – wirus opryszczki). Wykazano także, że jad pszczeli pobudza porost włosów [Han i in. 2013, 2016, Park i in. 2016, Wehbe i in. 2019, Kurek-Górecka i in. 2020].

Podsumowanie

Produkty pszczele to naturalne surowce, zawierające w swoim składzie wiele cennych substancji aktywnych biologicznie. Wszystkie apiprodukty, zarówno pochodzenia roślinnego (miód, obnóża, pierzga, propolis) jak i zwierzęcego (mleczko pszczele, wosk, jad), znalazły zastosowanie w kosmetologii. Wykazują one działanie antybiotyczne, przeciwbólowe, odżywcze, przeciwutleniające, antyzapalne, nawilżające oraz odnawiające tkanki. Ponadto uszczelniają naczynia krwionośne, działają fibrynolitycznie, prze-

ciwzakrzepowo, ochronnie przed promieniowaniem UV oraz poprawiają krążenie krwi. Apiprodukty wykorzystywane są do produkcji kosmetyków pielęgnacyjnych i ochronnych oraz, w mniejszym stopniu, kosmetyków upiększających. Ponadto stanowią składnik kosmetyków leczniczych (tzw. kosmeceutyków), polecanych przy różnych schorzeniach skóry, np. trądziku, łuszczycy, atopowym i łojotokowym zapaleniu skóry.

Bibliografia

Alam F., Islam M.A., Gan S.H., Khalil M.I., 2014. Honey: a potential therapeutic agent for managing diabetic wounds. Evid. Based Complement. Alternat. Med. 169130. https://doi.org/10.1155/2014/169130

Almeida-Muradian L.B., Pamplona L.C., Coimbra S., Barth O.M., 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. J. Food Compost. Anal. 18(1), 105–111. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.008

Badolato M., Carullo G., Cione E., Aiello F., Caroleo M.C., 2017. From the hive: Honey, a novel weapon against cancer. Eur. J. Med. Chem. 142, 290e299. http://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.07.064

Bărnuţiu L.I., Mărghitaş L.A., Dezmirean D.S., Mihai C.M., Bobiş O., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of Royal Jelly-review. Sci. Pap. Anim. Sci. Biotechnol. 44(2), 67–72.

Bartosiuk E., Borawska M.H., 2013. Mleczko pszczele – zastosowanie w kosmetyce. Pol. J. Cosmetol. 16(2), 80–84.

Bartosiuk E., Borawska M.H., 2014. Skład chemiczny i właściwości antybakteryjne oraz przeciwnowotworowe pierzgi. Pszczelarstwo 5. https://www.miesiecznik-pszczelarstwo.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=182:skad-chemiczny-i-waciwoci-antybakteryjne-oraz-przeciwnowotworowe-pierzgi-52014&catid=15:rok-2014&Itemid=21 [dostęp 25.05.2021]

Basista K., Sodzawiczny K., 2011. Pyłek kwiatowy – nowy surowiec naturalny, możliwości wykorzystania w lecznictwie i kosmetologii. Gazeta Farmaceut. 12, 30–32.

Bernardello G.A., 2007. Systematic survey of floral nectaries. W: S.W. Nicolson, M. Nepi, E. Pacini (red.), Nectaries and nectar. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5937-7_2

Bieńkowska M., 1997. Pyłek kwiatowy i jego pozyskiwanie. ISiK, Skierniewice.

Bober K., Jezierska M., 2019. Naturalne źródło zdrowia i piękna z uwzględnieniem propolisu i pierzgi. Food Forum 4. https://food-forum.pl/artykul/naturalne-zrodlo-zdrowia-i-piekna-z-uwzglednieniem-propolisu-i-pierzgi [dostęp 1.06.2021]

Bocho-Janiszewska A., Sikora A., Rajewski J., Łobodzin P., 2013. Zastosowanie mleczka pszczelego w kremach nawilżających. Pol. J. Cosmetol. 16(4), 314–320.

Bogdanov S., 2004a. Beeswax: quality issues today. Bee World 85, 46–50.

Bogdanov S., 2004b. Quality and standards of pollen and beeswax. Apiacta 38, 334–341.

Bogdanov S., 2017a. Beeswax book. Chapter 1. Beeswax: production, properties composition and control. Bee product science. www.bee-hexagon.net [dostęp 10.06.2021]

Bogdanov S., 2017b. Beeswax book. Chapter 2. Beeswax: history, uses and trade. Bee product science. www.bee-hexagon.net [dostęp 10.06.2021]

Boisard S., Le Ray A.M., Gatto J., Aumond M.C., Blanchard P., Derbré S., Richomme P., 2014. Chemical composition, antioxidant and anti-AGEs activities of a French poplar type propolis. J. Agric. Food Chem. 62(6), 1344–1351. https://doi.org/10.1021/jf4053397

Boisard S., Shahali Y., Aumond M.C., Derbré S., Blanchard P., Dadar M., Richomme P., 2020. Anti-age activity of poplar-type propolis: mechanism of action of main phenolic compounds. Int. J. Food Sci. Technol. 55(2), 453–460. https://doi.org/10.1111/ijfs.14284

Bonamigo T., Campos J.F., Alfredo T.M., Balestieri J.B.P., Cardoso C.A.L., Paredes-Gamero E.J., Dos Santos E.L., 2017. Antioxidant, cytotoxic, and toxic activities of propolis from two native bees in Brazil: *Scaptotrigona depilis* and *Melipona quadrifasciata anthidioides*. Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 1038153. https://doi.org/10.1155/2017/1038153

Borawska M., Arciuch L., Puścion-Jakubik A., Lewoc D., 2015. Content of sugars (fructose, glucose, sucrose) and proline in different varieties of natural bee honey. Probl. Hig. Epidemiol. 96, 816–820.

Buchwald R., Breed M.D., Bjostad L., Hibbard B.E., Greenberg A.R., 2009. The role of fatty acids in the mechanical properties of besswax. Apidologie 4, 585–594.

Buchwald R., Breed M.D., Greenberg A.R., Otis G., 2006. Interspecific variation in beeswax as a biological construction material. J. Exp. Biol. 20, 3984–3989. https://doi.org/10.1242/jeb.02472

Burlando B., Cornara L., 2013. Honey in dermatology and skin care: a review. J. Cosmet. Dermatol. 12(4), 306–313. https://doi:10.1111/jocd.12058

Campos M.G., Bogdanov S., de Almeida-Muradian L.B., Szczesna T., Mancebo Y. Frigerio, C., Ferreira F., 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. J. Apic. Res. 47(2), 154–161. https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443

Cenet M., Ulukanli Z., Bozdogan A., Sezer G., Memi E., 2016. The authentication of the botanical origin, physicochemical properties, antioxidant and antimicrobial activities of East Mediterranean honey. Biointerface Res. Appl. Chem. 6(6), 1821–1827.

Chrząstek L., Dondela B., 2014. Homeopatia. Cz. 1. Chem. Environ. Biotechnol. 17, 21–42.

Cornara L., Biagi M., Xiao J., Burlando B., 2017. Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. Front. Pharmacol. 8, 412. https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

Chen J., Guan S-M., Sun W., Fu H., 2016. Melittin, the major pain-producing substance of bee venom. Neurosci. Bull. 32(3), 265–272. https://doi.org/10.1007/s12264-016-0024-y

Da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Costa A.C.O., Fett R., 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chem. 196, 309–323. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051

DeGrandi-Hoffman G., Eckholm B. J., Huang M. H., 2013. A comparison of bee bread made by Africanized and European honey bees (*Apis mellifera*) and its effects on hemolymph protein titers. Apidologie 44(1), 52–63. https://doi.org/10.1007/s13592-012-0154-9

Demianowicz A., Gromisz M., 1998. Morfologia pszczoły. W: Prabucki J. (red.). Pszczelnictwo. Wyd. Promocyjne „Albatros", Szczecin.

Denisow B., Denisow-Pietrzyk M., 2016. Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. J. Sci. Food Agric. 96(13), 4303–4309. https://doi.org/10.1002/jsfa.7729

Dubiago G., Nowak A., Klimowicz A., 2018. Wybrane właściwości miodu szczególnie przydatne w kosmetologii. Post. Fitoter. 19(1), 58–64. https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.58

Ediriweera E.R.H.S.S., Premarathna N.Y.S., 2012. Medicinal and cosmetic uses of bee's honey – a review. AYU 33(2), 178–182. https://doi.org/10.4103/0974-8520.105233

Eteraf-Oskouei T., Najafi M., 2013. Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. Iran J. Basic Med. Sci. 16(6), 731–742.

Feás X., Vázquez-Tato M.P., Estevinho L., Seijas J.A., Iglesias A., 2012. Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. Molecules 17(7), 8359–8377. https://doi.org/10.3390/molecules17078359

Ferreres F.A., Tomás-Barberán F., Soler C., García-Viguera A., Ortiz A., Tomás-Lorente F., 1994. A simple extractive technique for honey flavonoid HPLC analysis. Apidologie 25, 21–10.

Fontana R., Mendes M.A., De Souza B.M., Konno K., César L.M.M., Malaspina O., Palma M. S., 2004. Jelleines: a family of antimicrobial peptides from the Royal Jelly of honeybees (*Apis mellifera*). Peptides 25(6), 919–928. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2004.03.016

Fratini F., Cilia G., Mancini S., Felicioli A., 2016a. Royal Jelly: an ancient remedy with remarkable antibacterial properties. Microbiol. Res. 192, 130–141. https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.007

Fratini F., Cilia G., Turchi B., Felicioli A., 2016b. Beeswax: a minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. Asian Pac. J. Trop Med. 9(9), 839–843. https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.07.003

Fujiwara S., Imai J., Fujiwara M., Yaeshima T., Kawashima T., Kobayashi K., 1990. A potent antibacterial protein in royal jelly. Purification and determination of the primary structure of royalisin. J. Biol. Chem. 19(265), 11333–11337. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)38596-5

Gómez-Caravaca A.M., Gómez-Romero M., Arráez-Román D., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A., 2006. Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. J. Pharm. Biomed. Anal. 41, 1220e1234. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.002

Goik U., Goik T., Załęska I., 2016. Właściwości wosku pszczelego i jego zastosowanie w kosmetyce i kosmetologii. Kosmetol. Estet. (5), 617–622.

Gottschlack T.E., McEwen G.N., 2010. International cosmetic ingredient dictionary and handbook, 13th ed. The Personal Care Products Council, Washington, DC, USA.

Hameed A., Fatima G.R., Malik K., Muqadas A., Fazal-ur-Rehman M., 2019. Scope of nanotechnology in cosmetics: dermatology and skin care products. J. Med. Chem. Sci. 2(1), 9–16.

Han S.M., Lee K.G., Yeo J.H., Kweon H.Y., Woo S.O., Lee M.Y., Baek H., Par K.K., 2007. Inhibitory effect of bee venom against ultraviolet B induced MMP-1 and MMP-3 in human dermal fibroblasts. J. Apicult. Res. 46, 94–98. https://doi.org/10.1080/00218839.2007.11101374

Han S.M., Lee G.G., Park K.K., 2012. Skin sensitization study of bee venom (*Apis mellifera* L.) in Guinea pigs. Toxicol. Res. 28(1), 1–4. http://dx.doi.org/10.5487/TR.2012.28.1.0

Han S.M., Lee K.G., Pak S.Ch., 2013. Effect of cosmetics containing purified honeybee (*Apis mellifera* L.) venom on acne vulgaris. J. Integr. Med. 11(5), 320–326. http://dx.doi.org/10.3736/jintegrmed2013043

Han S.M., Hong I.P., Woo S.O., Chun S.N., Park K.W., Nicholls Y.M., Pak S.Ch., 2015. The beneficial effects if honeybee-venom serum of facial wrinkles in humans. Clin. Interv. Aging 10, 1587–1592. http://dx.doi.org/10.2147/CIA.S84940

Han S.M., Pak S.Ch., Nicholls Y.M., Macfarlane N., 2016. Evaluation of anti-acne property of purified bee venom serum in humans. J. Cosmet. Dermatol. 15(4), 324–329. https://doi.org/10.1111/jocd.12227

Han S.M., Hong I.P., Woo S.O., Kim S.G., Jang H.R., Park K.K., 2017. Evaluation of the skin phototoxicity and photosensitivity of honeybee venom. J. Cosmet. Dermatol. 16, e68–e75. http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12350

Hebda K. 2014. Ziołowy zakątek. Kosmetyki, które zrobisz w domu. Wyd. Nasza Księgarnia, Warszawa.

Hegazi A.G., Abd El Hady F.K., Abd Allah F.A.M., 2000. Chemical composition and antimicrobial activity of European propolis. Z. Naturforsch. 55c(1–2), 70–75. https://doi.org/10.1515/znc-2000-1-214

Hepburn H.R., Bernard R.T.F., Davidson B.C., Muller W.J., Lloyd P., Kurstjens S.P., Vincent S.L., 1991. Synthesis and secretion of beeswax in honeybees. Apidologie 22, 21–36.

Huang S., Zhang C.P., Wang K., Li G.Q., Hu F.L., 2014. Recent advances in the chemical composition of propolis. Molecules 19(12), 19610–19632. https://doi.org/10.3390/molecules191219610

Isidorov V.A., Isidorova A.G., Szczepaniak L., Czyżewska U., 2009. Gas chromatographic–mass spectrometric investigation of the chemical composition of beebread. Food Chem. 115(3), 1056–1063. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.025

Isidorow W.A., 2013. Alchemia pszczół. Pszczoły i produkty pszczele oczami chemika. Gospodarstwo Pasieczne „Sądecki Bartnik", Stróże.
Jabłońska-Trypuć A., Czerpak R., 2008. Surowce kosmetyczne i ich składniki. MedPharm Polska, Wrocław.
Jiménez M.M., Fresno M.J., Selles E., 1999. Pharmacotechnical characterization and effectiveness study of a dermopharmaceutical form: rosemary honey contributions as a moisturizing active. Boll. Chim. Farm. 138(8), 401–417.
Kadhim M.J., Los A., Olszewski K., Borsuk G., 2018. Propolis in livestock nutrition. Entomol. Ornithol. Herpetol. 7, 207. https://doi.org/10.4172/2161-0983.1000207
Kasote D.M., Pawar M.V., Bhatia R.S., Nandre V.S., Gundu S.S., Jagtap S.D., Kulkarni M.V., 2017. HPLC, NMR based chemical profiling and biological characterisation of Indian propolis. Fitoterapia 122, 52–60.
Kędzia B., 2006. Skład chemiczny i aktywność biologiczna propolisu pochodzącego z różnych rejonów świata. Post. Fitoter. 1, 23–35.
Kędzia B., 2008. Skład chemiczny i adaptogenne działanie pszczelego pyłku kwiatowego. Cz. I. Skład chemiczny. Post. Fitoter. 1, 47–58.
Kędzia B., 2009a. Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. I. Początkowy okres badań. Post. Fitoter. 1, 39–44.
Kędzia B., 2009b. Skład chemiczny propolisu polskiego. Cz. II. Nowe badania. Post. Fitoter. 2, 122–128.
Kędzia B., 2011. Propolis w leczeniu próchnicy zębów. Post. Fitoter. 2, 113–121.
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 1994. Leczenie produktami pszczelimi. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2012. Nowe badania nad biologicznymi właściwościami pyłku kwiatowego. Post. Fitoter. 1, 48–54.
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2016a. Skład i właściwości biologiczne pyłku kwiatowego zbieranego przez pszczoły ze szczególnym uwzględnieniem możliwości zastosowania go w kosmetyce. Post. Fitoter. 2, 130–138.
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2016b. Zastosowanie propolisu w kosmetologii. Pasieka 6. https://pasieka24.pl/index.php/ru/pasieka-czasopismo-dla-pszczelarzy2/147-pasieka-6-2016/1602-zastosowanie-propolisu-w-kosmetologii [dostęp 8.06.2021]
Kędzia B., Hołderna-Kędzia E., 2020. Apikosmetyka. Miód, propolis, pyłek kwiatowy, mleczko pszczele, jad pszczeli, wosk. Borgis, Warszawa.
Kim H., Park S-Y., Lee G., 2019. Potential therapeutic applications of bee venom on skin disease and its mechanisms: a literature review. Toxins 11, 374. https://doi:10.3390/toxins11070374
Kim S.B., Jo Y.H., Liu Q., Ahn J.H., Hong I.P., Han S.M., Hwang B.Y., Lee, M.K., 2015. Optimization of extraction condition of bee pollen using response surface methodology: correlation between anti-melanogenesis, antioxidant activity, and phenolic content. Molecules 20, 19764–19774. https://doi.org/10.3390/molecules201119656
Kocot J., Kiełczykowska M., Luchowska-Kocot D., Kurzepa J., Musik I., 2018. Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: possible medical application. Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 7074209. https://doi.org/10.1155/2018/7074209
Kolayli S., Sahin H., Can Z., Yildiz O., Malkoc M., Asadov A., 2016. A member of complementary medicinal food: anatolian royal jellies, their chemical compositions, and antioxidant properties. J. Evid. Based Complement. Altern. Med. 21(4), 43–48. https://doi.org/10.1177/2156587215618832
Komosinska-Vassev K., Olczyk P., Kaźmierczak J., Mencner L., Olczyk K., 2015. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. J. Evid. Based Complement. Altern. Med. Article ID 297425. https://doi.org/10.1155/2015/297425
Kopczyńska D., Klasik-Ciszewska S., Duda-Grychoł K., 2018. Produkty pszczele w pielęgnacji skóry. Med. Rodz. 21(1), 48–52. https://doi.org/10.25121/MR.2018.21.1.48
Kryczyk A., Piotrowska J., Opoka W., Muszyńska B., 2018. Surowce i substancje pochodzenia naturalnego stosowane w fotoprotekcji. Pol. J. Cosmetol. 21(1), 25–32.

Kurek-Górecka A., Górecki M., Rzepecka-Stojko A., Balwierz R., Stojko J., 2020. Bee products in dermatology and skin care. Molecules 25, 556. https://doi.org/10.3390/molecules25030556
Kurek-Górecka A., Rzepecka-Stojko A., Górecki M., Stojko J., Sosada M., Świerczek-Zięba, G., 2014. Structure and antioxidant activity of polyphenols derived from propolis. Molecules 19(1), 78–101. https://doi.org/10.3390/molecules19010078
Küstenmacher H., 1911. Das Bienenharz. Ber. Pharm. Ges. 21, 65–92.
Lee G., Bae H., 2016. Anti-Inflammatory applications of melittin, a major component of bee venom: detailed mechanism of action and adverse effects. Molecules 21, E616. https://doi.org/10.3390/molecules21050616
Lewandowska C., 1960. Pszczoły i medycyna. Wiedza Powszechna, Warszawa.
López-Gutiérrez N., del Mar Aguilera-Luiz M., Romero-González R., Vidal J.L.M., Frenich A.G., 2014. Fast analysis of polyphenols in royal jelly products using automated TurboFlow™-liquid chromatography–Orbitrap high resolution mass spectrometry. J. Chromatogr. B 973, 17–28. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2014.09.038
Lipiński M., 2010. Pożytki pszczele zapylanie i miododajność roślin. PWRiL, Warszawa.
Lower E., 1998., Sweet as honey. Nourishing, softening and healing properties make honey a valuable ingredient for cosmetics. Soap Perfum. Cosmet. 71, 41–43.
Łukasiewicz A., 2021. Zastosowanie jadu pszczelego w kosmetologii. Aesth. Cosmetol. Med. 10(1), 23–31. https://doi.org/10.52336/acm.2021.10.1.04
Makowiczowa H., 1992. Pszczele cuda. Wyd. Lotos, Warszawa.
Manning R., 2001. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. Bee World 82(2), 60–75.
Marcucci M.C., 1995. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. Apidologie 26(2), 83–99.
Márquez R., Bálsamo S., Morales F., Ruiz N., García A., León R., Montes A., Nava N., Noguera Y., Quintero A., Zambrano J., Montoya M., Ostos M., Rosales D., Araujo J., Cañizales J., Lema C., Mascarell S., Molina Z., Avendaño J., Peña H., Tolosa L., 2019. Technological use of beeswax for obtaining organic products, non-toxic for the human being. Rev. Cien. Ingenier. 40(1), 17–26.
Marwicka J., Gałuszka R., Gałuszka G., Podolska A., Żurawski Ł., Niemyska K., 2014. Analysis of bee honey properties and its use in dietetics and cosmetology. Kosmetol. Estet. 2, 107–110.
Matysiak J., Matysiak J., Kokor Z.J., 2008. Właściwości farmakologiczne jadu pszczelego. Now. Lek. 77(6), 453–458.
McLoone P., Warnock M., Fyfe L., 2016. Honey: a realistic antimicrobial for disorders of the skin. J. Microbial. Immunol. Infect. 49, 161–167. https://doi.org/10.1016/j.jmii.2015.01.009
Miguel M.G., Antunes M.D., Faleiro M.L., 2017. Honey as a complementary medicine. Integr. Med. Insights 12, 1–15. https://doi.org/10.1177/1178633717702869
Morgano M.A., Martins M.C.T., Rabonato L.C., Milani R.F., Yotsuyanagi K., Rodriguez-Amaya D.B., 2012. A comprehensive investigation of the mineral composition of Brazilian bee pollen: geographic and seasonal variations and contribution to human diet. J. Braz. Chem. Soc. 23(4), 727–736. https://doi.org/10.1590/S0103-50532012000400019
Mundo M.A., Padilla-Zakour O.I., Worobo R.W. 2004. Growth inhibition of foodborne pathogens and food spoilage organisms by select raw honeys. Int. J. Food Microbiol. 97(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.025
Münstedt K., Bogdanov S., 2009. Bee products and their potential use in modern medicine. J. ApiProduct ApiMedical Sci. 1(3), 57–63. https://doi.org/10.3896/IBRA.4.01.3.01
Nagai T., Inoue R., 2004. Preparation and the functional properties of water extract and alkaline extract of royal jelly. Food Chem. 84, 181–186. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00198-5
Nikpour M., Shirvani M.A., Azadbakht M., Zanjani R., Mousavi E., 2014. The effect of honey gel on abdominal wound healing in cesarean section: a triple blind randomized clinical trial. Oman Med. J. 29(4), 255–259. https://doi.org/10.5001/omj.2014.68

Nilforoushzadech M.A., Amirkhani M.A., Zarrintaj P., Salehi Moghaddam A., Mehrabi T., Alavi S., Mollapour S.M., 2018. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. J. Cosmet. Dermatol. 17, 693–702. https://doi.org/10.1111/jocd.12730

Nisakorn S., 2015. Natural products as photoprotection. J. Cosmet. Dermatol. 14, 47–63.

Nogueira C., Iglesias A., Feás X., Estevinho L.M., 2012. Commercial bee pollen with different geographical origins: a comprehensive approach. Int. J. Mol. Sci. 13(9), 11173–11187. https://doi.org/10.3390/ijms130911173

Papotti G., Bertelli D., Bortolotti L., Plessi M., 2012. Chemical and functional characterization of Italian propolis obtained by different harvesting methods. J .Agric. Food Chem. 60(11), 2852–2862. https://doi.org/10.1021/jf205179d

Paradowska K., Zielińska A., Krawiec N., 2014. Skład i właściwości antyoksydacyjne barwnych frakcji wyodrębnionych z pszczelego pyłku kwiatowego. Post. Fitoter. 4, 209–215.

Park S., Erdogan S., Hwang D., Hwang S., Han E.H., Lim Y.H., 2016. Bee venom promotes hair growth in association with inhibiting 5α-reductase expression. Biol. Pharm. Bull. 39, 1060–1068. https://doi.org/10.1248/bpb.b16-00158

Parente M.E., Gámbaro A., Roselli T., Capdebila P., 2020. Clinical evaluation of the efficacy of bee venom as cosmetic active. J. Dermatol. Cosmetol. 4(6), 152–157. https://doi.org/10.15406/jdc.2020.04.00167

Pavel C.I., Mărghitaş L.A., Bobiş O., Dezmirean D.S., Şapcaliu A., Radoi I., Mădaş M.N., 2011. Biological activities of royal jelly-review. Sci. P. Anim. Sci. Biotechnol. 44(2), 108–118.

Pavlačková J., Pavlína E., Slavík R., Mokrejš P., Gál R., 2020. Hydration and barrier potential of cosmetics matrices with bee products. Molecules 25(11), 2510. https://doi.org/10.3390/molecules25112510

Peng C.C., Sun H.T., Lin I.P., Kuo P.C., Li J.C., 2017. The functional property of royal jelly 10-hydroxy-2-decenoic acid as a melanogenesis inhibitor. BMC Complement. Altern. Med. 17(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s12906-017-1888-8

Pieszko C., Grabowska J., Jurek N., 2015. Oznaczenie polifenoli i wybranych pierwiastków w kawie, herbacie i miodach. Bromat. Chem. Toksykol. 48, 653–659.

Piotrowska A., Zając M., Tota Ł., Czerwińska O., Totko-Borkusiewicz N., Zuziak R., 2018. Analiza wpływu stosowania kremu z pszczelim pyłkiem kwiatowym na wybrane cechy skóry rąk oceniane subiektywnie i obiektywnie. Post. Fitoter. 1, 18–26. https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.1.18

PN-88/A-77626:1988. Miód pszczeli. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości. Wydawnictwa Normalizacyjne Alfa, Warszawa.

PN-A-77627:1996. Koncentrat propolisu. PKN, Warszawa.

PN-R-78891:1996. Propolis – kit pszczeli. PKN, Warszawa.

PN-R-78892:1996. Świeże mleczko pszczele. PKN, Warszawa.

Popova M., Giannopoulou E., Skalicka-Woźniak K., Graikou K., Widelski J., Bankova V., Chinou I., 2017. Characterization and biological evaluation of propolis from Poland. Molecules 22(7), 1159. https://doi.org/10.3390/molecules22071159

Pucca M.B., Cerni F.A., Oliveira I.S., Jenkins T.P., Argemí L., Sørensen C.V., Ahmadi S., Barbosa J.E., Laustsen A.H., 2019. Bee updated: current knowledge on bee venom and bee envenoming therapy. Front. Immunol. 10, 2090. https://doi:10.3389/fimmu.2019.02090

Puelo L.S., 1991. Beeswax minor components: a new approach. Cosmet. Toilet. 106, 83–89.

Rady I., Siddiqui I.A., Rady M., Mukhtar H., 2017. Melittin, a major peptide component of bee venom, and its conjugates in cancer therapy. Cancer Lett. 402, 16–31. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2017.05.010

Ramadan M.F., Al-Ghamdi, A., 2012. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: a review. J. Funct. Foods 4(1), 39–52. https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007

Ramanathan A.N.K.G, Nair A.J., Sugunan V.S., 2018. A review on Royal Jelly proteins and peptides. J. Funct. Foods 44, 255–264. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.03.008

Rybak-Chmielewska H., 1998. Produkty pszczele. W: Prabucki J. (red.). Pszczelnictwo. Wyd. Promocyjne „Albatros”, Szczecin, 555–611.

Rybak-Chmielewska H., 2013. Miód. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa

Rybak-Chmielewska H., Szczęsna T., 2000. Kit pszczeli: skład, właściwości, przechowywanie. ISiK, Skierniewice.

Rzepecka-Stojko A., Stojko J., Kurek-Górecka A., Górecki M., Kabała-Dzik A., Kubina, R., Moździerz A., Buszman E., 2015. Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. Molecules 20(12), 21732–21749. https://doi.org/10.3390/molecules201219800

Sabatini A.G., Marcazzan G.L., Caboni M.F., Bogdanov S., Almeida-Muradian L.B.D., 2009. Quality and standardisation of royal jelly. J. ApiProd. ApiMed. Sci. 1(1), 1–6. https://doi.org/10.3896/IBRA.4.1.01.04

Sak-Bosnar M., Sakač N., 2012. Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. Food Chem. 135(2), 827–831. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.006

Samanci T., Kekeçoğlu M., 2019. Comparison of commercial and anatolian bee venom in terms of chemical composition. Uludag Bee J. 19(1), 61–68. https://doi.org/10.31467/uluaricilik.527986

Santos L.M., Fonseca M.S., Sokolonski A.R., Deegan K.R., Araújo R.P., Umsza-Guez M.A., Machado B.A., 2020. Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting. J. Sci. Food Agric. 100(4), 1369–1382. https://doi.org/10.1002/jsfa.10024

Sawicka D., Borawska M. H., 2013. Zastosowanie propolisu w chorobach skórnych. Derm. Estet. 1, 13–17.

Semprini A., Braithwaite I., Corin A., Sheahan D., Tofield Ch., Helm C., Montgomery B., Fingleton J., Weatherall M., Beasley R., 2016. Randomised controlled trial of topical kanuka honey for the treatment of acne. BMJ Open 6, e009448. https://doi:10.1136/bmjopen-2015-009448

Silici S., Ekmekcioglu O., Eraslan G., Demirtas A., 2009. Antioxidative effect of royal jelly in cisplatin-induced testes damage. Urology 74(3), 545–551. https://doi.org/10.1016/j.urology.2009.05.024

Silici S., Kutluca S., 2005. Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region. J. Ethnopharmacol. 99(1), 69–73. https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.046

Skowronek W., 2001. Pszczelnictwo. ISiK, Puławy

Son D.J., Lee J.W., Lee Y.H., Song H.S., Lee C.Ch., Hong J.T., 2007. Therapeutic application of anti-arthritis, pain-releasing, and anti-cancer effects of bee venom and its constituent compounds. Pharmacol. Ther. 115, 246–270. https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2007.04.004

Stangaciu S., Hartenstein E., 2007. Leki z pszczelej apteki. Miodolecznictwo dla każdego. Wyd. Klub dla Ciebie, Warszawa.

Stöckli H., 1997. Bienenwachs mit Oxalsäure geläutert. Schweiz. Bienen-Zeitung 120(12), 688–690.

Sugiyama, T., Takahashi, K., Mori, H., 2012. Royal jelly acid, 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid, as a modulator of the innate immune responses. Endocr. Metab. Immune. Disord. Drug Targets 12(4), 368–376.

Sun L., Guo Y., Zhang Y., Zhuang Y., 2017. Antioxidant and anti-tyrosinase activities of phenolic extracts from rape bee pollen and inhibitory melanogenesis by cAMP/MITF/TYR pathway in B16 mouse melanoma cells. Front. Pharmac. 8(104), 9. https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00104

Szczęsna T., 2006a. Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. J. Apic. Sci. 50(2), 81–90.

Szczęsna T., 2006b. Protein content and amino acids composition of bee-collected pollen originating from Poland, South Korea and China. J. Apic. Sci. 50(2), 91–99.

Szczęsna T., 2006c. Long-chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. J. Apic. Sci. 50(2), 65–79.

Szczęsna T. 2013a. Wosk pszczeli. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Szczęsna T. 2013b. Jad pszczeli. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
Szczęsna T, Rybak-Chmielewska H., 1998. Some properties of honey bee – collected pollen. Pszczel. Zesz. Nauk. 42, 79–80.
Szczęsna T., Rybak-Chmielewska H., Chmielewski W., 2002. Sugar composition of pollen loads harvested at different periods of the beekeeping season. J. Apic. Sci. 46(2), 107–115.
Szczęsna T., Rybak-Chmielewska H., Skowronek W. 1995a. Zmiany w składzie chemicznym obnóży pyłkowych zachodzące podczas ich przechowywania w różnych warunkach. Cz. 2. Białko i aminokwasy. Pszczel. Zesz. Nauk. 39(2), 157–170.
Szczęsna T, Rybak-Chmielewska H, Skowronek W., 1995b. Zmiany w składzie chemicznym obnóży pyłkowych zachodzące podczas ich przechowywania w rożnych warunkach. I. Cukry, tłuszcz, popiół. Pszczel. Zesz. Nauk. 39(2),145–156
Szymaś B., Szczęsna T. 2013. Mleczko pszczele. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa.
Szymaś B. 2013. Miód jako pokarm pszczół. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa.
Taha E.K.A., 2015. Chemical composition and amounts of mineral elements in honeybee-collected pollen in relation to botanical origin. J. Apic. Sci. 59(1), 75–81.
Topham J., 2002. Why do some cavity wounds treated with honey or sugar paste heal without scarring? J. Wound Care 11(2), 53–55. https://doi.org/10.12968/jowc.2002.11.2.26372
Tran D.N.T., Nguyen H.T. 2017. An exploration of parameters of the fermentation process of honey riched in gluconic acid – oriented in cosmetics applications. Int. J. Pharm. Sci. Invent. 6(4), 17–24.
Tulloch A.P., 1980. Beeswax - Composition and analysis. Bee World 6(2), 47–62.
Urcan A.C., Criste A.D., Dezmirean D.S., Mărgăoan R., Caeiro A., Graça Campos M., 2018. Similarity of data from bee bread with the same taxa collected in India and Romania. Molecules 23(10), 2491. https://doi.org/10.3390/molecules23102491
Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas Y., Fernández-López J., Pérez-Alvarez J.A., 2008. Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. J. Food Sci. 73, 117–124. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00966.x
Wang Y., Ma L., Zhang W., Cui X., Wang H., Xu B., 2016. Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*). Apidologie 47(1), 48–56. https://doi.org/10.1007/s13592-015-0374-x
Warakomska Z., Maciejewicz W., 1992. Microscopic analysis of propolis from Polish regions. Apidologie 23(4), 277–283.
Wehbe R., Frangieh J., Rima M., Obeid D.E., Sabatier J.-M., Fajloun Z., 2019. Bee venom: overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. Molecules 24(16), 2997. https://doi.org/10.3390/molecules24162997
Wilde J., Grabowski P., Bratkowski J., 2002. Zagospodarowanie i marketing obnóży pyłkowych. Biul Nauk. UWM w Olsztynie 18, 179–184.
Woźniak M., Babicka M., Rissmann I., Kędzia B., Ratajczak I., 2018. Etanolowe ekstrakty z propolisu jako źródło biopierwiastków. Post. Fitoter. 2, 81–85. https://doi.org/10.25121/PF.2018.19.2.81
Woźniak M., Mrówczyńska L., Waśkiewicz A., Rogoziński T., Ratajczak I., 2019. The role of seasonality on the chemical composition, antioxidant activity and cytotoxicity of Polish propolis in human erythrocytes. Rev. Bras. Farmacogn. 29, 301–308. https://doi.org/10.1016/j.bjp.2019.02.002
Woźniak M., Kwiatkowska A., Hołderna-Kędzia E., Sosnowska K., Mrówczyńska L., Ratajczak I., 2021. Aktywność biologiczna ekstraktów z propolisu. Post. Fitoter. 1, 8–13. https://doi.org/10.25121/PF.2021.22.1.8
Wróblewska A., Szczęsna T. 2013. Obnóża pyłkowe. W: Wilde J. (red.). Encyklopedia pszczelarska. Powszechne Wyd. Rolnicze i Leśne, Warszawa

Xi X., Li J., Guo S., Li Y., Xu F., Zheng M., Han C., 2018. The potential of using bee pollen in cosmetics: a review. J. Oleo. Sci. 67(90), 1071–1082.
Yanagita M., Kojima Y., Mori K., Yamada S., Murakami S., 2011. Osteoinductive and anti-inflammatory effect of royal jelly on periodontal ligament cells. Biomed. Res. 32(4), 285–291.

Streszczenie. Produkty pszczele wykorzystywane są od tysięcy lat w celach żywieniowych, leczniczych i kosmetycznych. Ze względu na swój różnorodny skład chemiczny obejmujący wiele substancji biologicznie aktywnych, znalazły zastosowanie przy produkcji kosmetyków pielęgnujących, upiększających, a także kosmeceutyków. Wspomagają one leczenie różnych schorzeń skóry, m.in. trądziku, łuszczycy, atopowego zapalenia skóry i łojotoku skóry. W niniejszej pracy, opierając się głównie na oryginalnych doniesieniach naukowych, przedstawiono pochodzenie produktów pszczelich oraz ich znaczenie w rodzinie pszczelej, scharakteryzowano skład chemiczny i najważniejsze cechy fizyczne. Omówiono zastosowanie produktów pszczelich pochodzenia roślinnego i zwierzęcego w kosmetologii, ze szczególnym uwzględnieniem ich ogólnego działania na różne części ciała ludzkiego, aktywność biologiczną poszczególnych substancji składowych oraz rodzaju kosmetyków, do produkcji których mogą być wykorzystane.

Słowa kluczowe: apikosmetyki, miód, pierzga, wosk pszczeli, mleczko pszczele, propolis

Wykorzystanie hydrobiontów w biokosmetologii i odnowie biologicznej

Anna Kaczorowska[1,2]✉, Tomasz Mieczan[1], Joanna Sender[1],
Adam Bownik[1], Magdalena Toporowska[1],
Andrzej Demetraki-Paleolog[1]

Hydrobionty – definicja, miejsce w strukturze taksonomicznej świata roślin i zwierząt

Ze względu na brak jednoznaczności i spójności terminologicznej w literaturze naukowej zarówno polskiej, jak i obcojęzycznej w niniejszej publikacji hydrobionty rozumiane są jako organizmy związane ściśle ze środowiskiem wodnym, tzn. żyjące w wodzie w pełnym zanurzeniu, częściowo wynurzone bądź też żyjące w strefie podmokłej cieków lub akwenów, w wodach słodkich lub słonych (morzach i oceanach). W pracy omówiono wykorzystanie w kosmetologii, kosmetykach i kosmetyce wybranych przedstawicieli hydrobiontów należących do różnych grup systematycznych, jak np.: glony, makrofity, gąbki, pierścienice, stawonogi, wśród których znalazły się niektóre skorupiaki, jak: raki, kraby, homary, krewetki i owady; niektóre mięczaki, np. małże; szkarłupnie (niektóre jeżowce, rozgwiazdy, strzykwy), ryby i ssaki (wieloryby, kaszaloty).

Charakterystyka i wykorzystanie poszczególnych grup hydrobiontów

Glony i sinice

Glony to grupa niespokrewnionych ze sobą organizmów plechowych, zaś cechą wspólną tej grupy jest przede wszystkim autotrofizm. Natomiast sinice (*Cyanophyta, Cyanoprokaryota, Cyanobacteria*) to mikroorganizmy prokariotyczne, bardzo szybko namnażające się w sprzyjających warunkach i zdolne do pro-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
[2] Centrum Innowacji Badań i Nauki (CIBIN), ul. Tarasowa 4/96, 20-819 Lublin
✉ anna.k.kaczorowska@gmail.com

dukcji związków toksycznych, w tym także związków, które wykorzystywane są w przemyśle kosmetycznym.

Sinice

Sinice, np. słonowodna *Arthrospira maxima* lub słodkowodna *Arthrospira platensis* to niewielkie, jednokomórkowe organizmy o barwie niebiesko-zielonej przyjmujące często kształt skręconej spirali. Wyciąg z jej biomasy lub sama biomasa znana jest pod nazwą handlową spirulina. Z uwagi na niezwykle wysokie stężenie cennych składników odżywczych często określana jest „zielonym złotem" lub „mlekiem Matki Ziemi" [Belay 2008, Sotiroudis 2013].

Właściwości i działanie. Obecne w spirulinie wielocukry, jak np. spirulan wapnia ma działanie ochronne przed zewnętrznymi patogenami chorobotwórczymi, takimi jak np. wirus otoczkowy (*Herpes Simplex*), który jest odpowiedzialny za opryszczkę [Klasik i in. 2010]. Ponadto dzięki wysokiej koncentracji aminokwasów, witamin i związków mineralnych spirulina jest niezwykle pomocna w pielęgnacji cer problematycznych, nawilża i wygładza skórę, zmniejsza szorstkość naskórka, poprawia barierę lipidową skóry, wpływając korzystnie na stan skóry suchej. Jest również odpowiednia w pielęgnacji cery trądzikowej, łuszczycy, łojotoku, gdyż reguluje pracę gruczołów łojowych. Ma działanie łagodzące, przeciwzapalne i gojące − hamuje rozwój mikroorganizmów na powierzchni skóry oraz wnikanie do wnętrza komórek nabłonkowych. Daje natychmiastowo widoczną poprawę wyglądu skóry, poprawia krążenie w drobnych naczynkach krwionośnych. Działa oczyszczająco oraz regulująco na metabolizm skóry, regeneruje, odżywia, ujędrnia i polepsza napięcie skóry. Jest bezpieczna dla skór atopowych i wrażliwych [Belay 2008, Khan i in. 2005]. Spirulina stosowana jest do produkcji kosmetyków. Jest dostępna w gotowych profesjonalnych produktach oraz w formie sproszkowanej, którą można zmieszać z wodą i zastosować w postaci maski. W takiej formie wykazuje wysokie powinowactwo do skóry, dzięki czemu składniki aktywne obecne w niej z łatwością penetrują warstwę rogową naskórka i przenikają w głąb skóry. Różnorodność produktów i ich bogactwo w minerały decyduje o możliwości skomponowania odpowiedniego zabiegu pielęgnacyjnego i dopasowania go do każdego rodzaju cery. Może być stosowana jako suplement diety wspomagający efekty zabiegów kosmetycznych. Jest dostępna w postaci tabletek, kapsułek, bądź jako forma sproszkowana, którą można dodać do potraw [Batory i Glinka 2008, Priyadarshani i Rath 2012, Jurkiewicz 2021].

Okrzemki

Okrzemki to jednokomórkowe glony żyjące pojedynczo lub w koloniach, występujące w wodach słodkich i słonych na całym świecie. Wytwarzają nawet 25% materii organicznej we Wszechoceanie oraz 25% tlenu na Ziemi. Ich ściana komórkowa stanowi swego rodzaju puszkę wysyconą krzemionką. Te drobne organizmy zawierają barwniki: chlorofil, karoten i fukoksantynę, a produktem ich fotosyntezy są tłuszcze oraz polisacharydy. Okrzemki pozostawiają po sobie szczątki w postaci krzemionkowych skorupek, które opadają na dno zbiorników i zachowują się w osadach. Z takich właśnie osadów zawierających skamieniałe pancerzyki, pochodzące sprzed milionów lat, powstaje ziemia okrzemkowa (ZO), diatomit, która znajduje szerokie zastosowanie w kosmetyce i kosmetologii. W skład ziemi okrzemkowej, oprócz krzemu, wchodzą również składniki mineralne, m.in.: magnez, wapń, żelazo, sód. Ziemia okrzemkowa ma postać drobnego proszku, którego barwa (biała, szara, zielona), związana jest z proporcją składników organicznych [www.geoportal.pgi.gov.pl].

Właściwości i zastosowanie. Ziemi okrzemkowej przypisuje się bardzo szerokie działania jako suplementu diety, jednakże nie są one poparte rzetelnymi badaniami naukowymi tylko indywidualnymi obserwacjami. Obserwacje te wskazują, że przyjmowanie ZO z dietą może: poprawiać kondycję włosów i paznokci (krzem jest ich składnikiem), wygładzać skórę (krzem promuje syntezę kolagenu), chronić przed infekcjami (unieczynnia bakterie i drożdże poprzez ich wysuszenie), dodawać energii w wyniku oczyszczenia z toksyn, polepszać odżywienie organizmu (detoksykuje i ułatwia wchłanianie składników odżywczych z oczyszczonego przewodu pokarmowego, poprawiać rytm wypróżnień w wyniku zwiększania ruchów perystaltycznych jelit [Kołaczek 2018]. Zawarta w ziemi okrzemkowej postać amorficzna krzemu metabolizuje się w układzie pokarmowym człowieka, zmieniając formę chemiczną z dwutlenku krzemu na biologicznie czynny kwas ortokrzemowy dzięki czemu ma unikalne właściwości dla ludzi, zwierząt i roślin. Kwas ortokrzemowy jest niezastąpiony w przypadku zniszczonych, kruchych, matowych i rozdwajających się włosów oraz zniszczonych i łamliwych paznokci, które są efektem jego braku w organizmie. Ziemia okrzemkowa wykorzystywana jest również, w formie maseczek na twarz do pielęgnacji skóry porowatej i trądzikowej. Działa ona jak glinka, pomaga w usuwaniu zanieczyszczeń porów i dostarcza naskórkowi krzem, powodując efekty odmłodzenia skóry. Stosowana jest również jako środek peelingujący, pozostawiając skórę gładką, promienną i aksamitną w dotyku [Rakowska 2003].

Brunatnice

Brunatnice to glony jedno lub wielokomórkowe, często dużych rozmiarów o brązowym zabarwieniu. Zaliczają się do nich największe glony na Ziemi np. wielkomorszcz (*Macrocystis pyrifera*). Z wyglądu przypominają liście, nitki, linki a nawet gałęzie. Ich długość w zależności od gatunku waha się od kilku centymetrów do nawet 60 m. Niektóre gatunki tworzą skupiska przypominające podwodne lasy. Występują w chłodnych wodach całego świata [Reece i in. 2013].

Właściwości i zastosowanie. Przedstawicielem brunatnic jest morszczyn pęcherzykowaty (*Fucus vesiculosus*). Pozyskiwany z niego ekstrakt jest niewyczerpanym źródłem jodu, który ma istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania ludzkiego organizmu. Ma on również w swoim składzie m.in. magnez, potas, żelazo, brom, beta-karoten, zeaksantyny i kwas alginowy. Zawartość witamin A, B_1 i C sprawia, że wykazuje działanie antybakteryjne i przyspiesza gojenie się ran. Z powodu swoich cennych właściwości jest chętnie wykorzystywany do produkcji kosmetyków [Goraj i Piotrowska 2019]. Wiodące marki kosmetyczne posiadają w ofercie wiele preparatów zawierających w swoich recepturach ekstrakt z morszczynu. Część z nich ma za zadanie wygładzać, nawilżać, ujędrniać oraz oczyszczać skórę. Z morszczynu powstaje wiele kremów i balsamów o działaniu regenerującym i odżywczym. Wspomaga on również pozbywanie się cellulitu i rozstępów. Ponadto ma działanie antyrodnikowe, właściwości drenujące oraz oczyszczające [Czerpak i Jabłońska-Trypuć 2008].

Kolejnym przedstawicielem brunatnic znajdującym zastosowanie w kosmetologii jest listownica palczasta (*Laminaria digitata*) pozyskiwana z zimnych wód Oceanu Atlantyckiego. Zawiera witaminy, związki mineralne w postaci kwasów i soli, NNKT, mikroelementy (jod, potas), proteiny. Jest również bogatym źródłem laminaryny i fukoidyny. Stosowanie wyciągów z tego glonu sprzyja likwidacji zaburzeń krążenia (opuchlizna nóg, cellulit), poprawia ukrwienie, nawilżenie skóry, reguluje czynności gruczołów łojowych, działa kondycjonująco na włosy [http://www.kosmopedia.org/encyklopedia]. Jod wraz z aminokwasem tyrozynazą działa silnie odchudzająco. Listownica zawiera również substancje bakteriostatyczne. Działa ochronnie na keratynę naskórka i detoksykująco. Jest wykorzystywana w produkcji kosmetyków odchudzających i antycellulitowych. W kosmetykach stosuje się również wyciągi z innych gatunków listownicy, np. z listownicy japońskiej [Rudawska i in. 2018]. Podsumowując, brunatnice posiadają szereg różnych funkcji związanych z przeciwdziałaniem starzeniu się skóry np. ochroną przed promieniowaniem UV. Mogą być także stosowane jako dodatki polepszające właściwości organoleptyczne, np. używa się ich do stabili-

zacji i konserwacji produktów oraz wykorzystuje jako związki bioaktywne. Dzięki zawartości polisacharydów, takich jak np.: alginiany, karageny i agary, glony te są stosowane jako stabilizatory, środki zagęszczające i emulgatory w różnych sztyftach, kremach, płynach, mydłach, szamponach, pastach do zębów, piankach i żelach [Bedeoux i in. 2014, Możdżeń i in. 2017].

Zielenice

Zielenice to jednokomórkowe lub wielokomórkowe organizmy roślinne, które już wczesną wiosną tworzą zielony, gęsty, pływający kożuch w przydrożnych rowach, wypełnionych wodą. Większość z nich żyje w wodach słodkich, ale wiele gatunków zamieszkuje morza. Wodne zielenice unoszą się na powierzchni jako plankton lub żyją przyczepione do dna zbiornika [Posz i in. 2016].

Właściwości i zastosowanie. Zielenice zawierają wiele substancji korzystnie wpływających na stan skóry oraz organizm człowieka. Są wykorzystywane w kosmetykach i suplementach diety. Są bogate w barwniki roślinne, które chronią ich komórki przed negatywnym działaniem promieni UV. W kosmetologii wykorzystywane są głównie jako antyoksydanty zapobiegające procesom starzenia się skóry oraz uszkodzeniom posłonecznym [Draelos 2011]. Zawarty w nich w dużych ilościach chlorofil przyspiesza gojenie drobnych ran i działa regenerująco na naskórek. Poprawia ukrwienie i dotlenienie skóry, dlatego też jest wykorzystywany w preparatach polecanych do pielęgnacji skóry szarej i zmęczonej, a także przetłuszczającej się [Dylewska-Grzelakowska 1999, Molski 2014]. Działa łagodząco i odżywczo, likwiduje nieprzyjemny zapach. Zielenice oprócz chlorofilu zawierają ksantofile, np.: luteina, zeaksantyna i astaksantyna oraz α-karoten i β-karoten [Broda 2002]. Ten ostatni, odpowiada za prawidłowy wzrost nabłonka, zapobiega nadmiernemu złuszczaniu naskórka oraz przyspiesza gojenie ran [Jędrzejko i in. 2007]. Chroni przed promieniowaniem UV. Jest prekursorem witaminy A. Witamina ta bierze udział m.in. w regulacji procesów odnowy komórkowej i złuszczania naskórka oraz syntezie kolagenu, powoduje wygładzenie i poprawę elastyczności skóry oraz spłycenie drobnych zmarszczek [Jabłońska-Trypuć i Czerpak 2008, Noszczyk 2011]. Astaksantyna jest barwnikiem o właściwościach silnie antyoksydacyjnych i występuje w dużych ilościach u gatunków z rodzaju Haematococcus [Czerpak i in. 2009]. Pełni funkcję naturalnego filtra UV chroniącego DNA komórek przed uszkodzeniem, przeciwdziała fotostarzeniu się skóry oraz zapobiega powstawaniu przebarwień poprzez zmniejszenie produkcji melaniny. Sprzyja redukcji drobnych zmarszczek powstałych na skutek degradacji kolagenu pod wpływem promieni UV.

Powoduje wzrost nawilżenia i elastyczności skóry. Zielenice wspomagają również redukcję cellulitu. Gatunkiem najczęściej wykorzystywanym w suplementach diety jest *Chlorella vulgaris* [Posz i in. 2016].

Krasnorosty

Krasnorosty występują głównie w wodach słonych, rzadziej słodkich. Najwięcej krasnorostów występuje w strefach umiarkowanie ciepłych, a najmniej w chłodnych. O ich obecności w dużej mierze decyduje zasolenie środowiska. Im jest ono wyższe, tym liczba gatunków jest większa. Krasnorosty są organizmami zarówno jednokomórkowymi, jak i wielokomórkowymi. Żyją zazwyczaj w skupieniach, tworząc często na przybrzeżnych skałach łąki podwodne [Bogusz i in. 2016, Podbielkowski 1985].

Właściwości i zastosowanie. Ściana komórkowa krasnorostów zbudowana jest z pektyn i celulozy. Niekiedy może być inkrustowana węglanem wapnia, magnezu, bądź związkami żelaza. Ich chromatofory zawierają chlorofil *d* występujący wyłącznie u krasnorostów, chlorofil *a*, karotenoidy: α-karoten i β-karoten oraz ksantofile – luteinę, zeaksantynę i neoksantynę [Broda 2002]. Krasnorosty zawierają barwniki fikobilinowe, które nadają im charakterystyczne intensywne kolory: niebieska fikocyjanina oraz czerwona fikoerytryna [Podbielkowski 1985]. Krasnorosty jako jedyne glony są źródłem agaru i karagenu. Agar to polisacharyd, który jest pozyskiwany poprzez ekstrakcję gorącą wodą z wybielonych przez słońce plech krasnorostów [Lamer-Zarawska i in. 2012].

W przemyśle kosmetycznym wykorzystywane są jego zdolności zagęszczające i żelujące. Otrzymane przy udziale agaru żele mają większą elastyczność oraz trwałość. Poprawia on również smarowność kosmetyków oraz przeciwdziała ich wysychaniu. Używany jest do produkcji szamponów, wpływa regeneracyjnie na włosy, które stają się bardziej miękkie, pełne blasku oraz gładkie. Agar w postaci proszku jest wykorzystywany w preparatach odchudzających w celu zmniejszenia łaknienia oraz usunięcia szkodliwych produktów przemiany materii [Lamer-Zarawska 2012]. Karagen to polisacharyd pozyskiwany głównie z *Chondrus crispus* oraz *Gigartina mamillosa*. Składa się on w 80% z karageniny i do 18% z soli mineralnych. Karageniany pod wpływem wody pęcznieją, prowadząc do wytworzenia hydrożeli oraz roztworów koloidalnych. Chronią skórę − osłaniają, jednocześnie zapewniając doskonałe nawilżenie. Oddziałują na skórę powlekająco, immunostymulująco, ochronnie, rewitalizująco, a także łagodzą jej podrażnienia [Lamer-Zarawska i in. 2012, Molski 2013]. Karagen używany jest do produkcji odżywek i żeli do włosów. Jest bazą kosmetyków

beztłuszczowych, a także wykorzystuje się go do tworzenia preparatów po goleniu, do kąpieli, masażu czy też kremów przeznaczonych dla osób z przesuszoną bądź starzejącą się skórą [Molski 2013]. Krasnorosty stanowią bardzo dobre źródło witaminy C, która jest silnym antyoksydantem. Pobudza syntezę kolagenu oraz przyczynia się do spłycenia niewielkich zmarszczek, a także rozjaśnia przebarwienia i piegi. Ponadto wpływa na jakość bariery lipidowej naskórka oraz pobudza wytwarzanie ceramidów w skórze. Stosowana jest do cery naczyniowej, ponieważ łagodzi zaczerwienienia, polepsza mikrocyrkulację krwi oraz sprawia, że ściany naczyń włosowatych stają się bardziej odporne. Witamina C odnawia naskórek oraz pomaga w naprawie drobnych uszkodzeń skóry. Przeciwdziała starzeniu się skóry, a także ma właściwości przeciwzapalne i immunostymulujące [Lamer-Zarawska i in. 2012]. Zawarte w krasnorostach nienasycone kwasy tłuszczowe działają nawilżająco na skórę w wyniku zatrzymywania utraty wody. Krasnorosty zawierają α-tokoferol, który ma działanie antyoksydacyjne, co jest wykorzystywane w produkcji preparatów promieniochronnych [Lamer-Zarawska i in. 2012]. Działa on na przebarwienia oraz spowalnia procesy starzenia [Molski 2013]. Krasnorosty nie wywołują uczuleń ani podrażnień, dlatego mogą być stosowane do każdego typu cery, zapewniając jej kompleksową ochronę i pielęgnację [Goraj i Piotrowska 2019].

Krasnorosty dzięki swojemu bogatemu składowi wykazują korzystne i wszechstronne działanie. Intensywnie odżywiają skórę oraz zapewniają jej prawidłowe nawilżenie, dzięki czemu staje się ona gładka i jędrna. Znalazły zastosowanie w preparatach chroniących przed szkodliwym promieniowaniem UV. Tworzą ochronę przed atakiem wolnych rodników, przez co chronią przed procesem przedwczesnego starzenia. Pod ich wpływem zmarszczki ulegają spłyceniu, poprawia się kondycja i koloryt skóry. Krasnorosty mogą być stosowane do każdej cery, nie wywołują podrażnień, działają przeciwzapalnie i regenerująco. Wykorzystuje się je w zabiegach wyszczuplających i antycellulitowych. Mogą być używane w formie okładów bądź kąpieli. Poprawiają się nie tylko stan skóry, ale także paznokci i włosów. Dzięki nim włosy stają się mocniejsze, lśniące i zdrowsze, a ich wypadanie zostaje ograniczone.

Krasnorosty przeciwdziałają również łojotokowi i łupieżowi. Do gatunków najczęściej wykorzystywanych w preparatach kosmetycznych należy *Chondrus crispus* i *Corallina officinalis*. Krasnorosty w zabiegach gabinetowych wykorzystywane są do produkcji różnego rodzaju mleczek, kremów, peelingów, emulsji, mgiełek, szamponów i odżywek do włosów, maseczek, mydełek peelingujących czy nawet podkładów i odżywek do paznokci. Stosowane są do zabiegów o działaniu łagodzącym, ujędrniającym, wyszczuplającym, antycellulitowym, nawilżającym, odżywczym, wygładzającym czy przeciwstarzeniowym.

Hydrobionty w królestwie roślin

Makrofity to rośliny częściowo lub całkowicie zanurzone w wodzie i zdolne do rozwoju w tym środowisku.

Tatarak zwyczajny (*Acorus calamus*), występuje na brzegach wód i na płyciznach (do 60 cm głębokości) – w rowach i ciekach o wolnym przepływie, w stawach, starorzeczach i jeziorach [Anioł-Kwiatkowska 2009].

Właściwości i zastosowanie. Kłącza tataraku znajdują zastosowanie w przemyśle kosmetycznym i perfumeryjnym ze względu na charakterystyczny, intensywny, niepowtarzalny zapach. Olejek eteryczny wykorzystywany jest w kosmetyce i do wytwarzania perfum jako utrwalacz zapachów [Mikołaczyk i Wierzbicki 1983, Szweykowska i Jerzy Szweykowski 2003]. Wyciąg z kłącza stosuje się do perfumowania mydła, aromatyzowania gum do żucia, jako składnik płynów do płukania ust oraz dodatek do kąpieli [Hlava 1984]. Tatarak zwyczajny to doskonały środek do pielęgnacji włosów. Dlatego też roślina wchodzi w skład szamponów i mieszanek ziołowych, które nadają włosom miękkość i puszystość [Senderski 2007]. Szampony z tatarakiem zalecane są także przy skórze łojotokowej i łupieżu, gdyż roślina wykazuje działanie grzybobójcze i bakteriobójcze. Do pielęgnacji włosów można także stosować wywar z kłącza tataraku, jak również olejek tatarakowy. W dodatku wyciąg z kłącza lekko rozjaśnia włosy [Kiljańska i Mojkowska 1988]. Fragmenty kłączy żuto w XIX w. w celu odświeżenia oddechu. Dzięki swoim właściwościom drażniącym powoduje przekrwienie skóry i usunięcie szkodliwych produktów przemiany materii [Hlava 1984].

Grzybień biały (*Nymphea alba*) to roślina zwyczajowo nazywana nenufarem lub lilią wodną. Spotykana jest głównie w płytkich wodach stojących lub wolno płynących, o głębokości nie przekraczającej 2 m. Spotkać ją można w starorzeczach, stawach, przybrzeżnych strefach jezior, w wodach wolno płynących kanałów i zakolach rzek [Matuszkiewicz 2005]. Wyciąg z kwiatów i nasion wykorzystywany jest w kosmetykach niwelujących zmarszczki mimiczne, ma właściwości rozluźniające – po zastosowaniu kremów z lilią wodną skóra staje się gładka, nawilżona, elastyczna i zrelaksowana. Wyciąg z grzybieni często łączony jest z wyciągiem z bambusa, który pobudza wewnątrzkomórkową przemianę materii. Duet tych roślin odświeża i rozświetla skórę. Można go znaleźć zwłaszcza w żelach pod prysznic, balsamach do ciała czy lekkich kremach do twarzy. W szamponach działa regenerująco [Batory 2011]. Z uwagi na właściwości rozluźniające lili wodnej, wyciągi z jej kwiatów i nasion wykorzystywane są w kosmetykach niwelujących zmarszczki mimiczne. Na efekty tego działania nie trzeba długo czekać – skóra praktycznie natychmiast staje się gładka, ela-

styczna, nawilżona i zrelaksowana. Poza kremami wyciągi z lilii wodnej można spotkać w żelach pod prysznic, mleczkach do ciała oraz w szamponach i odżywkach do włosów [Batory 2011].

Wiązówka błotna (*Filipendula ulmaria*) to roślina bagienna, znana również jako tawuła błotna, tawuła łąkowa, kropiło błotne, królowa łąk, kozia broda. Porasta wilgotne łąki, brzegi wód i rowów, zarośla, często rośnie w skupiskach. W Polsce jest rośliną pospolitą. Dorasta do 2 m wysokości [https://atlas.roslin.pl].

Właściwości i zastosowanie. W przemyśle kosmetycznym wykorzystuje się ją w szamponach i odżywkach do włosów ze skłonnością do przetłuszczania się i wypadania. Ma działanie ściągające, przeciwzapalne, antyseptyczne i łagodzące. Dzięki tym właściwościom może być stosowana u osób z cerą trądzikową, tłustą oraz mieszaną. Preparaty na bazie wiązówki przeciwdziałają powstawaniu przebarwień. Stosuje się ją także w aromaterapii – ma lekki, przyjemnie migdałowy zapach, a kąpiel z dodatkiem wyciągu z tej rośliny działa odprężająco, rozluźniająco i uspokajająco [Molarz i Sokołowska-Woźniak 2001, Ożarowski i Jaroniewski 1987].

Żurawina błotna (*Vaccinium oxycoccos* L. = *Oxycoccus palustris* L.) roślina bagienna, płożąca o długość do 100 cm, często spotykana na torfowiskach wysokich i przejściowych oraz w borach bagiennych [Szweykowska i Szweykowski 2003].

Właściwości i zastosowanie. Owoce żurawiny błotnej jako bogate źródło witamin, składników mineralnych i polifenoli zostały docenione przez przemysł kosmetyczny. Żurawina chroni skórę przed niekorzystnym działaniem czynników zewnętrznych, pobudza syntezę kolagenu oraz wzmacnia system immunologiczny skóry. Przypisuje się jej działanie odżywcze, nawilżające, oczyszczające, wygładzające i rozjaśniające skórę [Michalak i Glinka 2013].

Hydrobionty w królestwie zwierząt

Gąbki

Gąbki morskie, rozpowszechnione na całym świecie, są prymitywnymi, wielokomórkowymi, najstarszymi, zwierzętami, żyjącymi wyłącznie w środowisku wodnym (najczęściej morskim). Żyją w wodach przybrzeżnych oraz na dnie płytkich mórz. Prowadzą osiadły tryb życia, często łącząc się w duże kolonie. Ich kształt jest zmienny. Posiadają liczne pory, przez które filtrują wodę wraz ze składnikami odżywczymi [Molski 2013]. Jako surowiec są hipoalergiczne, ekologiczne, bardzo dobrze spisują się w zabiegach złuszczania martwego naskórka

oraz wykorzystuje się je do mycia ciała [Kowalska-Wochna 2009, Kiełtyka-Dadasiewicz i Gorzel 2015].

Pierścienice

Pijawki należące do pierścienic mają ciało wydłużone, kurczliwe, wyraźnie segmentowane, długości od kilku milimetrów do ponad 30 cm. Większość pijawek to zwierzęta wodne. Występują w wodach śródlądowych oraz w wodach morskich. Przyssawki służą pijawkom do przytwierdzenia się do podłoża, a gatunkom krwiopijnym wyłącznie do wbicia się pod skórę ofiary. Z powodu specyficznych właściwości ich śliny znajdują zastosowanie w hirudoterapii [Błaszczak 2009, Bielecki i in. 2014]. Wskazuje się, że hirudokompleksoterapia opóźnia procesy starzenia organizmu i funkcjonowania narządów przez oddziaływanie substancji bioaktywnych. Najczęściej stosowaną terapią jest metoda miejscowa, ze względu na możliwość działania substancji bioaktywnych w miejscu poddawanemu zabiegowi [Kozińska 2016, Konieczny i in. 2012, Abdualkader i in 2013]. Wykorzystuje się przede wszystkim ślinę, która oprócz hirudyny i histaminy zawiera również szereg substancji pożądanych przez przemysł kosmetyczny: kwas hialuronowy – działanie przeciwzmarszczkowe, lipidy i kwasy fosfasydowe – wzmocnienie warstwy ochronnej skóry, elastynę oraz kolagenezę – polepszenie wchłanaiania hirudozwiązków przez skórę. Hormony sterydowe, w tym progesteron, kortyzol i testosteron nadają świeżość skórze. Antyelastaza – daje efekt odmłodzenia, fosfolipazy – wspierają procesy metaboliczne w skórze, kolagen – uelastycznia warstwy skóry, endorfiny – dają efekt wypoczętej, zdrowej cery.

W kosmetyce pijawki najczęściej sprawdzają się jako źródło substancji bazowych do przygotowywania maseczek odżywczych. Maseczka ze śliny pijawki daje efekt spłycenia zmarszczek, redukcji przebarwień, młodego i świeżego wyglądu skóry, elastyczności i jedwabistej gładkości. Sprawdza się u osób zmagających się z trądzikiem, łuszczycą i innymi stanami chorobowymi skóry. Ponadto pijawki stosuje się w: zabiegach na redukcję cellulitu, kąpielach energostymulujących z wykorzystaniem wysuszonych, sproszkowanych pijawek, moczeniu partii ciała poddanej zabiegowi w wodzie, w której pijawki przebywały przez 5−10 dni, terapiach hybrydowych, wykorzystujących wyciągi z pijawek i olejki eteryczne [Tylec 2020]. Na rynku jest wiele kosmetyków wzbogaconych w ślinę pijawek, które uzupełniają wykonane zabiegi w salonach piękności. Jedynym legalnym sposobem zaopatrzenia się w pijawki jest ich zakup od firmy, która prowadzi ich kontrolowaną hodowlę laboratoryjną. Do hirudoterapii nada-

ją się wyłącznie pijawki hodowane w izolowanych warunkach laboratoryjnych, bez najmniejszego kontaktu z otoczeniem zewnętrznym oraz żywione w sposób kontrolowany. Pijawek powinno się używać do terapii tylko jeden raz, a po ich wykorzystaniu należy je poddać procesowi utylizacji [Bielecki i in. 2014].

Stawonogi

Skorupiaki (*Crustacea*), należące do stawonogów są bardzo zróżnicowane morfologicznie i ekologicznie. Zamieszkują wszelkie środowiska słono- i słodkowodne, często stanowiąc kluczowy składnik ekosystemów. Należą do nich m.in. krewetki, homary, kraby czy langusty.

Właściwości i wykorzystanie. Ze szkieletów krewetek i krabów pozyskuje się chitynę (wielocukier), który służy do produkcji chitosanu – preparatu na odchudzanie. Chityna znajduje też zastosowanie w kosmetykach przeciwstarzeniowych, gdyż ma wpływ na proliferację fibroblastów produkujących kolagen i elastynę [Burgess i Axelrod 2020].

Mięczaki

Mięczaki (Mollusca, łac. *molluscus* 'miękki') to grupa zwierząt odznaczająca się olbrzymią różnorodnością morfologiczną i zróżnicowaniem rozmiarów. Żyją one zarówno na lądzie, jak i w wodzie. Reprezentują ją m.in. małże, ośmiornice czy kalmary. W kosmetologii wykorzystywane są głównie małże ze względu na pozyskiwany z nich jedwab morski, perły oraz muszle.

Jedwab morski to inaczej jedwabiste nici, ułożone w wiązki. Stanowi on szybko krzepnącą wydzielinę niektórych morskich małży (w Morzu Śródziemnym jest to głównie gatunek gigantycznego małża *Pinna nobillis*). Wiązka ta tzw. bisior – powstaje w gruczole bisiorowym (znajduje się u nasady nogi małży) i używana jest przez małże do przytwierdzenia się do podłoża [Kowalska-Wochna 2009]. Bisior osiąga długość nawet do 6 cm. Obecnie stosowany jest zamiennik roślinny (z glonów morskich *Enteromorpha compressa* i *Himanthalia elongata*) o podobnym działaniu, ponieważ bisior jest zbyt drogi, aby stosować go na szerszą skalę. Jedwab morski w kosmetykach ma zastosowanie przede wszystkim w produktach do pielęgnacji włosów (nadaje im połysk i ułatwia ich rozczesywanie) oraz w preparatach nawilżających i filmotwórczych do twarzy i ciała. Ponadto ma działanie przeciwzapalne i przeciwalergiczne, dlatego może być stosowany u alergików [Kowalska-Wochna 2009, Kubalska-Sulkiewicz i in. 2007].

Perły powstają w organizmach małży i niektórych ślimaków. W zasadzie wszystkie małże są zdolne wyprodukować perły. W związku z czym mogą być one naturalnego pochodzenia. Perła powstaje, jeżeli ciało obce (piasek, pasożyt, a nawet mała rybka) dostanie się między płaszcz a muszlę małża, wtedy płaszcz otacza to ciało masą perłową − substancją wapienną. Wartość szlachetną mają perły perłopławów [Kulawik i Pióro 2017]. Najczęściej spotykane perłopławy perłorodne z rodzaju *Pinctada* i *Pteria,* występują w ciepłych wodach stref tropikalnych i subtropikalnych. Perły są źródłem około 18 aminokwasów (8 z nich nie jest syntetyzowanych w organizmie ludzkim), minerałów oraz pierwiastków śladowych (wapń, magnez, żelazo, miedź, cynk). Proszek z pereł (użyty w preparatach kosmetycznych), powstający w procesie mikronizacji pereł, poprawia stopień nawilżenia skóry, wzmacnia ochronę przed promieniowaniem UV. Ponadto składniki pereł zaabsorbowane w skórze mają wpływ na fizjologię keratynocytów, co powoduje, że skóra staje się gładka i bardziej elastyczna [Kulawik i Pióro 2017, Ratz-Łyko 2013]. Kosmetyki bazujące na perłach i masie perłowej, mają właściwości złuszczające, liftingujące, ujednolicające i rozświetlające skórę, a także poprawiają jej koloryt [Ratz-Łyko 2013]. W kosmetykach można spotkać następujące składniki z pereł: mikronizowany proszek z macicy perłowej (*mother-of-pearl powder*), sproszkowane perły (*pearl powder*), hydrolizat z pereł (*hydrolyzed pearl*). Składniki te stosowane są w produktach anti-aging, kosmetykach kolorowych (perłowa poświata) oraz w preparatach do codziennej pielęgnacji [Ratz-Łyko 2013, Kucia 2017, Kulawik i Pióro 2017].

Muszle są wytworami mięczaków, takich jak: ślimaki, małże, głowonogi. Są to zewnętrzne, wapienne pancerze, których zadaniem jest ochrona miękkich ciał tych gatunków. W kosmetologii muszle znajdują zastosowanie w masażu. Wykorzystuje się muszle o aksamitnie gładkiej powierzchni, którymi wykonuje się określone, delikatne ruchy z użyciem olejku lub preparatu do masażu. Celem zabiegu jest rozluźnienie mięśni, wyciszenie, ale także odżywienie i wygładzenie skóry. W preparatach do ciała stosuje się rozdrobnione muszle, które mają właściwości złuszczające i odżywcze (uzupełniają niedobory minerałów) [Kowalska-Wochna 2009]. Do najbardziej charakterystycznych muszli należą wytwory ślimaka morskiego (porcelanki) [Wąsowski 2000].

Szkarłupnie

Szkarłupnie z reguły zasiedlają ciepłe wody morskie, strefy przybrzeżne oraz wody głębokie do 7000 m. Są to organizmy o symetrii pięciopromiennej, których większość prowadzi osiadły tryb życia, choć niektóre są biernie przenoszo-

ne przez wodę. Należą do nich niektóre jeżowce, strzykwy i rozgwiazdy [Kiełtyka-Dadasiewicz i Gorzel 2015].

Strzykwy i jeżowce. Badania nad tymi morskimi bezkręgowcami doprowadziły do odkrycia genów białek, będących cząsteczkami przenoszącymi informację o zmianach w elastyczności kolagenu, w skórze badanych szkarłupni. Jeśli możliwe jest stwierdzenie, w jaki sposób białka w ścianie ciała strzykw i jeżowców mogą szybko sztywnieć i rozluźniać się, to badania te mogą prowadzić do nowych rozwiązań w przypadku ludzi, pomagających zatrzymać młody i zdrowy wygląd skóry na dłużej [Keesing i in. 1997].

Jeżowce. Najcenniejszym składnikiem jeżowca jest jego ikra, która zawiera o 20 razy więcej witaminy A niż korzeń żeńszenia i dzięki temu bogatemu składowi ma bardzo silne działanie regenerujące i odmładzające. Sproszkowany składnik pomaga przywrócić skórze tonus i sprężystość, zmniejsza obrzęki i spowalnia wiotczenie skóry wraz z wiekiem [Byczkowska 2012].

Rozgwiazdy. Ekstrakt z rozgwiazdy zawiera dużo kolagenu, wapnia i witamin. Ma właściwości regeneracyjne i sprawia, że skóra staje się jaśniejsza i bardziej promienna [https://urodaizdrowie.pl].

Ryby

Ryby mogą być stosowane w pielęgnacji ciała na kilka różnych sposobów. Jednym z nich jest wykorzystanie ich aktywności w ichtioterapii. Do tego zabiegu stosowana jest mała słodkowodna ryba − brzana ssąca (*Garra rufa*), która odżywiając się martwym naskórkiem oczyszcza ciało pacjenta, regeneruje, pielęgnuje i relaksuje wykonując tzw. rybi pedicure (fish pedicure) [Gorzel i in. 2014].

Kolejny sposób oddziaływania na jakość naszego zdrowia, w tym stan naszej skóry, włosów i paznokci jest spożywanie głównie tłustych morskich ryb, takich jak: sardynki, tuńczyk, makrela, sardela, głowacz i flądra [Majewski 1992, Ratz-Łyko 2013, Burgess i Axelrod 2000], które są bogatym źródłem kwasów tłuszczowych należących do NNKT, głównie omega-3 i omega-6. Kwas tłuszczowy omega-3 działa na skórę przeciwzapalnie oraz pomaga w leczeniu egzemy i łuszczycy. Tłuszcz rybi – tran − pozyskiwany z wątroby dorszowatych, bardzo dobrze działa na skórę. W jego skład wchodzą głównie kwasy tłuszczowe omega 3: dokozaheksaenowy DHA i eikozapentaenowy EPA. Ponadto jest źródłem: glicerydów, witamin (A, D) oraz mikroelementów (jod, brom). Tran stosuje się w dermatologii do leczenia odmrożeń, odleżyn, oparzeń, wrzodów i trudno gojących się ran. Tłuszcz z wątroby rekina jest głównym źródłem alkilogliceroli i skwalenu

o bogatej zawartości witamin A i D, które są ważne dla skóry. Rekin jest również źródłem pozyskiwania naturalnego kolagenu. Tłuszcz ryb w postaci utwardzonej wykorzystywany jest do produkcji kredek do warg i specjalnych preparatów do makijażu teatralnego [Marzec 2005].

Trzeci sposób wykorzystania potencjału niektórych gatunków ryb (jak np.: bieługa *Huso huso maeorticus,* jesiotr zachodni *Acipenser sturio* oraz siewruga (*Acipenser stellatus*) do pielęgnacji ciała i twarzy jest ikra samic zwana kawiorem [Marzec 2005]. Zawiera ona aminokwasy, białka, witaminy (A, B_5, D, E) i składniki mineralne (fosfor, potas, jod, krzem, selen, magnez, cynk) [Ratz-Łyko 2013, Wirth i in. 2000, Gorzel i in. 2015]. Kawior jest cennym źródłem kwasów tłuszczowych, występujących w postaci triglicerydów i fosfolipidów (n-3, n-6) [Wirth i in. 2000]. Działanie kawioru polega na obkurczeniu naczyń krwionośnych, zmniejszeniu wrażliwości termoreceptorów w skórze (schładzanie), łagodzeniu podrażnień, wzmacnianiu funkcji obronnych skóry, wyrównaniu kolorytu naskórka oraz odżywianiu i nawilżaniu [Kowalska-Wochna 2009]. Wskazanie do zabiegu z użyciem preparatu kawiorowego to przede wszystkim wrażliwa cera naczyniowa ze skłonnością do podrażnień oraz trądzik różowaty. Kawior stosowany jest przede wszystkim w zabiegach przeciwstarzeniowych [Wirth i in. 2000, Ratz-Łyko 2013]. Pomimo wysokiej ceny tego surowca preparaty, w których jest zawarty, cieszą się dużą popularnością [http://kosmetologiaestetyczna.com].

Ssaki

Wieloryby (potoczna nazwa ssaków z rzędu waleni), są największymi zwierzętami zamieszkującymi Ziemię. Od wieków poławiane są przede wszystkim dla tłuszczu, ale także dla mięsa. Tłuszcz z wątroby wieloryba jest bogaty w witaminę D. Bierze udział w procesach metabolicznych organizmu, jest odpowiedzialny za produkcję niektórych hormonów i wzrost komórek. Zawiera także substancje, które w przeciwieństwie do witamin A i D nie mogą być uzyskane z innych produktów, głównie kwasy tłuszczowe, takie jak: kwasy larinowy, olinowy, palmitynowy, pajęczakowy i in., które są obecne w warstwie podskórnej tego ssaka. W kosmetologii tłuszcz stosuje się w celu nawilżenia skóry, aby nadać jej jędrność i elastyczność, wzmacnia on także włosy i paznokcie [Stachura 2021].

Ambra to wydzielina kaszalota o konsystencji wosku, jest patologicznym tworem powstającym w wyniku podrażniania ścian jelit kaszalota, zwykle waży kilka kilogramów, ale może osiągać nawet 450 kg. Używa się jej jako popularnego surowca w przemyśle perfumeryjnym − pachnie odrażająco, ale

po pewnym czasie wydziela zapach piżma [https://encyklopedia.pwn.pl; https://www.medianauka.pl]

Podsumowanie

Hydrobionty, czyli organizmy, których życie jest ściśle związane ze środowiskiem wodnym, stanowią bogate i cenne zasoby wykorzystywane w biokosmetologii oraz szeroko pojętej odnowie biologicznej. Forma ich zastosowania jest niezwykle szeroka i wieloaspektowa: od wykorzystania ich aktywności przyżyciowej, tkanek (materiał organiczny i mineralny), zastosowanie zewnętrznie na ciało lub do wewnątrz, rodzaj oddziaływania, po szeroką gamę różnorodnych produktów. Ich wpływ na nasze zdrowie oraz kondycję naszego ciała jest przebogaty. Przejawia się jako działanie ochronne przed zewnętrznymi patogenami chorobotwórczymi czy pielęgnacyjne, m.in. nawilżające, wygładzające, łagodzące, oczyszczające, regenerujące, odżywiające, ujędrniające, poprawiające ukrwienie i dotlenienie skóry. Ponadto hydrobionty biorą udział w regulacji procesów odnowy komórkowej i złuszczania naskórka oraz syntezie kolagenu, wygładzają skórę, poprawiają jej elastyczność, spłycają drobne zmarszczki, przeciwdziałają fotostarzeniu się skóry oraz zapobiegają powstawaniu przebarwień. Oddziałują one na skórę relaksująco, łagodząco, powlekająco, immunostymulująco, ochronnie, rewitalizująco powodując efekty odmłodzenia skóry. Mają one również szereg różnych funkcji związanych z przeciwdziałaniem starzeniu się skóry, np. ochroną przed promieniowaniem UV, a także działają wyszczuplająco i antycellulitowo. Hydrobionty znajdują również bardzo szerokie zastosowanie w pielęgnacji włosów i paznokci.

Ich efekt leczniczy polega na działaniu przeciwzapalnym, immunostymulującym i gojącym, regulacji metabolizmu skóry, wpływie na prawidłowy wzrost nabłonka, zapobieganiu nadmiernemu złuszczaniu naskórka, regulacji czynności gruczołów łojowych, łagodzeniu zaczerwienienia, polepszaniu mikrocyrkulacji krwi oraz wzmacnianiu ściany naczyń włosowatych.

Tak szeroki wachlarz możliwości zastosowań hydrobiontów manifestuje się w bardzo bogatej ofercie różnorodnych form produktów, jak m.in: kremy, płyny, pianki, żele, mleczka, peelingi, emulsje, mgiełki, maski, podkłady, odżywki, balsamy czy szampony. Hydrobionty mogą być także stosowane jako dodatki polepszające właściwości organoleptyczne, np. do stabilizacji i konserwacji produktów, jako środki zagęszczające i emulgatory. Jako suplementy diety wspomagają efekty zabiegów kosmetycznych. Występują jako tabletki, kapsułki, a także w formie sproszkowanej, którą można dodawać do potraw.

Tak bogate i wielostronne wykorzystanie hydrobiontów umożliwia każdemu z szerokiego grona konsumentów, pacjentów lub klientów dobranie właściwego dla siebie specyfiku.

Bibliografia

Abdualkader A., Ghawi A., Alaama M., Awang M., Merzouk A., 2013. Leech therapeutic applications. Ind. J. Pharm. Sci. 75(2), 127–137. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24019559.

Anioł-Kwiatkowska J., 2009. Tatarak zwyczajny – *Acorus calamus* L. W: Z. Dajdok, P. Pawlaczyk (red.), Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. Wyd. Kluby Przyrodników, Świebodzin, 72–73.

Batory M., Glinka M., 2008. Profesjonalne kosmetyki firmy Ziaja. Cz. 11. Maski żelowe z algą spiruliną. Pol. J. Cosmetol. 11(3), 233–240.

Batory M., 2011. Surowce kosmetyczne w walce z najczęstszymi defektami skórnymi. https://biotechnologia.pl/kosmetologia/artykuly/surowce-kosmetyczne-w-walcez-najczestszymi-defektami-skornyminawilzanie-skory,10478

Bedeoux G., Hardouin K., Burlot A.S., Bourgougnon N., 2014. Bioactive components from seaweeds: cosmetic applications and future development. Adv. Bot. Res. 71, 345–378. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01023232

Belay A., 2008. Spirulina (Arthrospira): production and quality assurance. W: Gershwin, M. Belay, A., Spirulina in human nutrition and health. CRC Press, London, 1–25.

Bielecki A., Cichocka J., Gorzel M., Pikuła D., 2014. Naukowe podstawy wspomagania zdrowia i urody pijawkami lekarskimi z rodzaju Hirudo (Hirudinida: Hirudiniformes: Hirudinidae). Zesz. Nauk. WSSP., Wyd. Akad. WSSP w Lublinie 14, 311−321.

Błaszczak C. (red.), 2009. Zoologia: bezkręgowce. T. 1. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

Bogusz S., Posz E., Stebel A., 2016. Wykorzystanie krasnorostów (Rhodophyta) w kosmetyce. Pol. J. Cosmetol. 19(3), 182–189.

Broda B., 2002. Zarys botaniki farmaceutycznej. PZWL, Warszawa.

Burgess W., Axelrod H., 2000. Dr. Burgess's atlas of marine aquarium fishes. Wyd. 3. TFH Publications, Neptune City.

Byczkowska A., 2012. Jeżowce i strzykwy w służbie młodości. https://biotechnologia.pl/kosmetologia/jezowce-i-strzykwy-w-sluzbie-mlodosci,885

Czerpak R., Jabłońska-Trypuć A., 2008. Roślinne surowce kosmetyczne. Cz. 1, MedPharm Polska, Wrocław.

Czerpak R., Jabłońska-Trypuć A., Pietryczuk A., 2009. Znaczenie terapeutyczne, kosmetyczne i dietetyczne niektórych glonów. Post. Fitoter. 3, 168–174.

Draelos Z., 2011. Kosmeceutyki. Urban & Partner, Wrocław.

Dylewska-Grzelakowska J., 1999. Kosmetyka stosowana. WSiP, Warszawa, s. 118.

Goraj A., Piotrowska A., 2019. Możliwości wykorzystania glonów i składników z nich pozyskiwanych w przemyśle kosmetycznym. Kosmetol. Estet. 3(8), 311−317.

Gorzel M., Bielecki A., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Kaczorowska A., 2014. Ichtioterapia w kosmetyce i dermatologii na przykładzie wykorzystania Brzany ssącej (*Garra rufa* Heckel 1843) − analiza przypadku. W: M. Gorzel, A. Kiełtyka-Dadasiewicz, Nowoczesne technologie i zabiegi w kosmetologii. WSSP, Lublin, 237−248.

Hlava B., 1984. Rośliny kosmetyczne. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, s. 28.

http://kosmetologiaestetyczna.com

http://www.kosmopedia.org/encyklopedia

https://atlas.roslin.pl

https://encyklopedia.pwn.pl
https://urodaizdrowie.pl
https://www.geoportal.pgi.gov.pl
https://www.medianauka.pl
Jabłońska-Trypuć A., Czerpak R., 2008. Surowce kosmetyczne i ich składniki. Część teoretyczna i ćwiczenia laboratoryjne. MedPharm, Wrocław, 81–83.
Jędrzejko K., Kowalczyk B., 2007. Rośliny kosmetyczne. ŚUM, Katowice, 27–103.
Jurkiewicz A., 2021. Spirulina – właściwości, dawkowanie, przeciwwskazania. https://www.medonet.pl/zdrowie,spirulina---wlasciwosci--dawkowanie--przeciwwskazania,artykul,1725355.html
Keesing J.K., Halford A.R., Hall K.C., Cartwright C.M., 1997. Largescale laboratory culture of the crown-of-thorns starfsh *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: asteroidea). Aquaculture 157, 215–226
Khan Z., Bhadouria P., Bisen P., 2005. Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. Curr. Pharmaceut. Biotechnol. 6(5), 373−379.
Kiełtyka-Dadasiewicz A., Gorzel M., 2015 Elementy talasoterapii i możliwości ich rozwoju w kosmetologii. Kosmetol. Estet. 1(4), 43−48.
Kiljańska I., Mojkowska H., 1988. Zielnik polski. Interpress, Warszawa, s. 354.
Klasik S., Zych M., Kaczmarczyk-Sedlak I., 2010. Sinice (Cyanophyta) – systematyka, budowa komórki i znaczenie; *Spirulina platensis* i jej wpływ na organizm ludzki. Med. Rodz. 4, 120–123.
Kołaczek A., 2018. Surowce kosmetyczne pochodzące z mórz i oceanów. https:// biotechnologia.pl/kosmetologia/surowce-kosmetyczne-pochodzace-z-morz-i oceanow,18078
Konieczny A., Zdrojewicz Z., Seifert M., 2012. Hirudoterapia – prawda i mity. Acad. Aesth. Anti-Aging Med., 2, 44–49.
Kowalska-Wochna E., 2009. Morskie terapie. Cz. 3. Uroda i zdrowie z morskim rodowodem. Cabines 34, 12–17.
Kozińska O., 2016. Hirudoterapia i jej aspekty energetyczne. Sanus, Instytut Hirudologii, Kraków.
Kubalska-Sulkiewicz K., Bielska-Łach M., Manteuffel-Szarota A., 2007. Słownik terminologiczny sztuk pięknych. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
Kucia M., 2017. Surowce kosmetyczne pochodzenia morskiego w talasoterapii. Kosmetol. Estet. 6, 571−578.
Kulawik-Pióro A., 2017. Perły w kosmetyce. https://biotechnologia.pl/kosmetologia/perly-w-kosmetyce,17378 [dostęp 03.05.2021]
Lamer-Zarawska E., Chwała C. Gwardys A., 2012. Rośliny w kosmetyce i kosmetologii przeciw-starzeniowej. PZWL, Warszawa.
Lamer-Zarwaska E., 2012. Algi w kosmetologii i kosmetyce przeciwstarzeniowej. Post Kosmetol. 3(1), 33–40.
Majewski A., 1992. Morza i oceany. Wyd. PWN, Warszawa.
Marzec A., 2005. Chemia kosmetyków: surowce, półprodukty, preparatyka wyrobów, TNOiK, Toruń.
Matuszkiewicz W., 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa.
Michalak M., Glinka R., 2013. Żurawina błotna (*Vaccinium oxycoccos* L.) − charakterystyka, właściwości biologiczne i zastosowanie w kosmetologii. Pol. J. Cosmetol., 16(4), 263–270.
Mikołaczyk K., Wierzbicki A., 1983. Zioła. Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa, 248.
Molarz H.D., Sokołowska-Woźniak A., 2001. Aktywność farmakologiczna wyciągów z *Filipendula ulmaria* i *Filipendula hexapetala*. Post. Fitoter., 4, 12–15.
Molski M., 2013. Nowoczesne składniki kosmetyków. Kosmoprof, Poznań.
Molski M., 2014. Nowoczesna kosmetologia. Kosmetyki, zabiegi, suplementy. PWN, Warszawa, 6–186.
Możdżeń K., Barabasz-Krasny B., Szymacha K., Oliwa J., 2017. Rośliny wykorzystywane w maskach kosmetycznych. Pol. J. Cosmetol. 19(4), 372–379.

Noszczyk M., 2011. Kosmetologia pielęgnacyjna i lekarska. PZWL, Warszawa, 27–153.
Ożarowski A., Jaroniewski W., 1987. Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa.
Podbielkowski Z., 1985. Glony. WSiP, Warszawa, 44–45.
Posz E., Pinkowska A., Stebel A., 2016. Wykorzystanie zielenic (Chlorophyta) w kosmetyce. Pol. J. Cosmetol. 19(1), 36–41.
Priyadarshani I., Rath J., 2012. Commercial and industrial applications of micro algae – a review. J. Algal. Biomass Utln. 3(4), 89–100.
Rakowska B., 2003. Okrzemki – organizmy, które odniosły sukces. Kosmos, Probl. Nauk Biol., 52, 2–3.
Ratz-Łyko A., 2013. Surowce pochodzenia morskiego jako składniki kosmetyków. Cosmetol. Patents Invent. 4, 3–7.
Reece J.B, Campbell N.A., Urry L.A., Wasserman S.A., Minorsky P.V., Jackson R.B., 2013. Biologia Campbella. Rebis, Poznań.
Rudawska D., Wiśniewska J., Drygaś P., Szyszkowska A., 2018. Znaczenie glonów brunatnych (Phaeophyceae). Eduk. Biol. Środ., 2.
Senderski ME. 2007. Prawie wszystko o ziołach. Podkowa Leśna, 616–618.
Sotiroudis T.G., 2013. Health aspects of Spirulina (Arthrospira) microalga food suplement. J. Serb. Chem. Soc., 78(3) 395–405. http://doi.org/10.2298/JSC121020152S
Stachura S., 2021. Tran − charakterystyka, właściwości, odpowiedni wybór, stosowanie. https://portal.abczdrowie.pl/tran-z-wieloryba
Szweykowska A, Szweykowski J. (red.)., 2003. Słownik botaniczny. Wyd. II, zm. i uzupeł. Wiedza Powszechna, Warszawa, s. 905.
Tylec A., 2020. Pijawka medyczna − zastosowanie, wykorzystanie. Co leczą pijawki?. https://www.medonet.pl/zdrowie/zdrowie-dla-kazdego,pijawka---co-to-jest--budowa-i-zastosowanie-w-medycynie,artykul,53794335.html
Wąsowski R., 2000. Przewodnik. Muszle. Multico, Warszawa.
Wirth M., Kirschbaum F., Gessner J., Kruger A., Patriche N., Billard R., 2000. Chemical and biochemical composition of caviar from different sturgeon species and origins. Nahrung 44(4), 233–237. http://doi.org/10.1002/1521-3803(20000701)44:4<233::AID-FOOD233>3.0.CO;2-1

Streszczenie. W pracy zaprezentowano wykorzystanie w biokosmetykach i w kosmetologii wybranych przedstawicieli organizmów należących do różnych grup systematycznych, ściśle związanych ze środowiskiem wodnym. Przedstawiono ich różnorodne zastosowanie w kosmetykach działających ochronnie, odżywczo, regeneracyjnie, a także ujędrniająco, łagodząco, przeciwzapalnie, gojąco oraz oczyszczająco. Opisano również możliwość ich wykorzystania w formie przyżyciowej, w bezpośrednim kontakcie ze skórą (np. pijawka czy branka ssąca).

Słowa kluczowe: organizmy żyjące w wodzie, pielęgnacja ciała, kosmetologia, biokosmetyki

Toksyczność mikroplastiku w produktach kosmetycznych

Krzysztof Tutaj[1]✉, Magdalena Szydłowska-Tutaj[2]

Istnienie mikroplastiku po raz pierwszy zostało opisane w 2004 r., czym wykazano, że mikroskopijne fragmenty plastiku są powszechne w środowisku morskim. Niemniej jednak już wcześniej zauważono problem związany z niekontrolowanym rozprzestrzenianiem się toksycznych związków z udziałem granulek plastiku (o średnicy 1−5 mm) z tworzyw sztucznych [Mato i in. 2001, Thompson i in. 2004]. Użycie plastiku w świecie zwiększa się z roku na rok. Tworzywa sztuczne są wykonane z naturalnych materiałów, które przeszły kilka procesów chemicznych i reakcji fizycznych. Główne stosowane procesy to polimeryzacja i polikondensacja, podczas których elementy rdzenia są zasadniczo przekształcane w łańcuchy polimerowe. Zastosowanie przemysłowych dodatków, takich jak pigmenty, plastyfikatory i stabilizatory pozwalają na tworzenie różnorodnych tworzyw sztucznych do różnych zastosowań. Po utylizacji odpady z tworzyw sztucznych są narażone na działanie czynników biologicznych, chemicznych i środowiskowych i rozpadają się na ogromne ilości mikroplastików (nazwa może być myląca ponieważ za mikroplastik przyjmuje się cząstki o wymiarach <5 mm) i nanoplastików (<0,1 μm lub < 1 μm) [Galgani i in. 2013, Song i in. 2017, Gigault i in. 2018].

Niewiele badań dotyczy ilości, odmian i toksyczności nanoplastików oraz ich wpływu na zdrowie ludzi. Pojedyncza cząsteczka mikroplastiku rozpada się na miliardy nanocząstek, co sprawia, że zanieczyszczenie nanoplastikami jest powszechne na całym świecie. Jest prawdopodobne, że nanoplastiki są bardziej szkodliwe niż mikroplastiki, ponieważ ich średnica pozwala przenikać przez skórę [Jatana i in. 2016].

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biochemii i Toksykologii, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
✉ krzysztof.tutaj@up.lublin.pl
[2] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Biochemii i Chemii Żywności, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

Źródła mikroplastiku

Mikro- i nanoplastiki pochodzą zarówno ze źródeł pierwotnych, jak i wtórnych. Pierwotne cząstki mikroplastiku są celowo wytwarzane w mikroskali i są kluczowymi składnikami produktów kosmetycznych, m.in. w peelingach, mydłach do mycia rąk, środkach czyszczących, pastach do zębów i produktach biomedycznych. Pierwotne cząstki mikroplastiku, szczególnie te o średnicy od 1 do 5 μm występują w różnych kształtach i kolorach [Rochman i in. 2019]. Często są kuliste i wykonane z wielu rodzajów tworzyw, najpopularniejsze z nich to polietylen (PE), polipropylen (PP), polichlorek winylu (PCW), polistyren (PS), poliuretan (PUR) oraz politereftalan etylenu (PET) [Cheung i Fok 2017, Islam i in. 2019, Hwang i in. 2020, You i in. 2020]. Produkty makroplastyczne, które rozpadają się na mikronowe i mniejsze cząstki, są wtórnym źródłem mikro- i nanoplastików. Powstają w wyniku rozkładu przez mikroorganizmy, procesy wietrzenia oraz działania słonecznych promieni UV na większe fragmenty tworzyw sztucznych pochodzących z opon samochodowych, odzieży, powłok lakierniczych, wycieków granulatów lub proszków przedprodukcyjnych [Thompson i in. 2004, Zettler i in. 2013, Andrady 2015].

Mikroplastiki stanowią zróżnicowaną klasę zanieczyszczeń obejmującą różnej wielkości i kształtów struktury (np. koraliki, fragmenty, włókna, piany). Mają złożony skład, w tym materiały i mieszaniny polimerowe chemikaliów (resztkowe monomery, dodatki i hydrofobowe środowisko zanieczyszczenia) [Koelmans i in. 2016, Rochman i in. 2019].

Ponieważ mikro- i nanoplastik są niezwykle małe, procesy oczyszczania ścieków nie są w stanie ich odfiltrować, a zatem cząsteczki plastiku zostaną wprowadzone do rzek i oceanów, a także do systemu zaopatrzenia w wodę słodką. Ponadto obecne są w glebie, a dzięki naturalnej erozji dostaną się również do rzek i oceanów [Yee i in. 2021]. Ponadto na mikroplastikach rośnie biofilm, który może stać się źródłem szkodliwych mikroorganizmów [Ribeiro i in. 2019]. Cząstki mikroplastiku stanowią materiał sorpcyjny dla szeregu trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO lub POPs, z ang. *persistent organic pollutants*) jak fenantren oraz dichlorodifenylotrichloroetan (DDT) [Bakir i in. 2012, Napper i in. 2015]. Dlatego tak ważne wydaje się, aby ustalić, jakie skutki negatywne dla zdrowia i życia człowieka może on wywoływać.

Drogi wnikania mikroplastiku do organizmu człowieka

Istnieją trzy podstawowe drogi przedostania się mikroplastików i nanoplastików do ludzkiego organizmu: przez połknięcie, wdychanie i kontakt ze skórą [Prata i in. 2020, Rahman i in. 2021]. Połknięcie cząstek plastiku jest najczęstszym sposobem przedostawania się cząstek plastiku do ludzkiego organizmu. Pobierany jest on z pożywieniem i napojami, np. solą, miodem, wodą (95% sprzedawanych wód w butelkach zawiera średnio 10,4 cząstek/litr) czy piwem [Liebezeit i Liebezeit 2013, 2014, Karami i in. 2017, Shopova i in. 2020]. Wdychanie unoszących się w powietrzu cząstek plastiku wewnątrz pomieszczeń z tekstyliów syntetycznych oraz z zewnątrz z zanieczyszczonego aerozolu, np. z fal oceanicznych, cząstek nawozów, z oczyszczalni ścieków lub opadów atmosferycznych [Dris i in. 2016, Prata 2018]. Kontakt ze skórą cząstek plastiku z produktów ochrony zdrowia i urody jest kolejnym, lecz najmniej kluczowym sposobem przedostawania się nanoplastików do organizmu człowieka. Skóra jest chroniona przez warstwę rogową, najbardziej zewnętrzną warstwę, która tworzy barierę przed różnymi urazami, związkami chemicznymi i czynnikami mikrobiologicznymi. Cząstki plastiku mogą być wprowadzane na skórę przez produkty zdrowotne i kosmetyczne lub poprzez kontakt z wodą zanieczyszczoną nanoplastikiem. Pierwotne nanoplastiki występujące w peelingach do ciała i twarzy, pastach do zębów, które są stosowane miejscowo wydają się nieszkodliwe, jeżeli błona śluzowa bądź skóra nie są uszkodzone. Ponieważ mikro- i nanoplastiki są hydrofobowe, przewiduje się, że wchłanianie przez warstwę rogową przez zanieczyszczoną wodę jest mało prawdopodobne, chociaż cząsteczki plastiku mogą dostać się do organizmu przez gruczoły potowe, rany skóry lub mieszki włosowe [Alvarez-Román i in. 2004]. Również w przypadku przerwania i ran migracja jest możliwa. Niemniej jednak badania Sykes i in. [2014] wykazały, że cząstki nanoplastiku mniejsze niż 100 nm przenikają przez nienaruszoną skórę. W świetle badań Hernandez i in. [2017] w produktach kosmetycznych (peeling do twarzy) występują nanocząstki tworzyw sztucznych (nanoplastik) znacznie mniejsze niż 100 nm, więc nie należy wykluczyć bezpośredniej migracji nanoplastiku z produktów kosmetycznych do organizmu człowieka.

Potencjalne toksyczne oddziaływanie mikroplastiku i nanoplastiku na ludzkie zdrowie

Obecność mikroplastiku w kosmetykach budzi ogromne kontrowersje i niepokoje odnośnie bezpieczeństwa ich stosowania − jak by nie było −

codziennie w naszym życiu. W ramach kategorii tworzyw sztucznych używanych w preparatach kosmetycznych stosuje się wiele różnych typów polimerów i kopolimerów. Przykładowe związki z tworzywa sztucznego, obecnie stosowane jako składniki produktów do pielęgnacji osobistej i kosmetyków (PCCPs, *personal care and cosmetics products*), to m.in. PP − polipropylen, PE – polietylen, PS – polistyren, PET – tereftalan politeylenu, Teflon [European Commission 2016]. Funkcje tych materiałów w produktach obejmują m.in. tworzenie błony, regulację lepkości, kondycjonowanie skóry, środki utrwalające, stabilizację emulsji i wiele innych. Składniki z tworzyw sztucznych spełniają te funkcje w szerokiej gamie produktów kosmetycznych i higieny osobistej, takich jak: mydło, szampon, dezodorant, pasta do zębów, kremy na zmarszczki, środki nawilżające, kremy do golenia, filtry przeciwsłoneczne, maseczki do twarzy, makijaż (np. pomadki, szminki lub cienie do oczu) oraz płyny do kąpieli dla dzieci [Leslie 2014, European Commission 2016]. Potencjalnie toksyczny jest nie tylko sam plastik, a różnego rodzaju dodatki, które się w nim znajdują, a więc plastyfikatory, wypełniacze, barwniki, stabilizatory, metale i różne inne środki chemiczne stosowane w celu nadania plastikowi pożądanych właściwości [ECHA 2021b]. Maksymalne dopuszczalne stężenia poszczególnych składników regulują m.in. przepisy rozporządzenia (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) [Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006]. I tak stężenie kadmu w mieszaninach i wyrobach wytwarzanych z syntetycznych polimerów chlorku winylu, poliuretanu, polietylenu, octanu celulozy i innych nie może przekraczać 0,01% masy. Substancje (mogą to być tworzywa sztuczne), które są zaklasyfikowane jako rakotwórcze, jako działające mutagennie na komórki rozrodcze lub działające szkodliwie na rozrodczość kategorii 1A lub 1B nie są wprowadzane do obrotu lub stosowane jako substancje, jako składniki innych substancji lub w mieszaninach, do powszechnej sprzedaży. Nie wprowadza się do obrotu w celu powszechnej sprzedaży, wyrobów, jeżeli ich jakakolwiek część składowa z tworzyw sztucznych, która wchodzi w bezpośredni oraz przedłużony lub krótkotrwały, powtarzający się kontakt z ludzką skórą lub jamą ustną w normalnych bądź możliwych do przewidzenia warunkach stosowania, zawiera więcej niż 1 mg/kg jakiegokolwiek WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne) [NIK 2021]. Tworzywa sztuczne mogą zawierać substancje wzbudzające szczególnie duże obawy (SVHC) [ECHA 2021a].

Niewiele jest danych dotyczących bezpośredniego potencjalnego działania mikroplastiku na organizm człowieka. U pracownic drukarni narażonych na

obecność w powietrzu nanocząstek poliakrylowych rozwinęły się takie jednostki chorobowe, jak zapalenie i zwłóknienie płuc oraz ziarniniaki w opłucnej (zawierające 30 nm nanocząstki) [Song i in. 2009]. Znacznie większa jest ilość badań dotyczących substancji stanowiących składniki nano- i mikroplastiku. Najczęściej poddawane badaniom toksyczności były nanocząstki polstyrenowe (PSNPs). Badania Mahler i in. wykazały, że spożywanie PSNPs o średnicy 50 nm zwiększało pobieranie żelaza z przewodu pokarmowego, co sugeruje, że wpływają one na właściwości nabłonka jelita [Mahler i in. 2012]. Nanocząstki PS wraz z towarzyszącymi im zanieczyszczeniami (m.in. piren, bisfenol A) sprzyjają niepożądanemu procesowi agregacji i włóknienia insuliny [Li i in. 2021]. Podawane szczurom z pokarmem nanocząstki PS (o średnicy 0,1–1 μm) odkładały się w tkance przewodu pokarmowego oraz w wątrobie i zmniejszały wydzielanie śluzu, powodowały dysbiozę mikrobiomu i zaburzały metabolizm lipidów w wątrobie [Jani i in. 1989, Lu i in. 2018]. Ponadto w innych badaniach wykazano u potomstwa szczurów karmionych paszą z PSNPs stłuszczenie wątroby oraz zwiększone ryzyko wystąpienia chorób metabolicznych [Luo i in. 2019].

Rozwiązaniem problemu braku badań toksyczności u człowieka wydaje się opracowanie platformy „organ-on-a-chip", która pozwoli określić wpływ nano- i mikroplastiku na poszczególne narządy człowieka [Lu i Radisic 2021].

Bezpieczeństwo kosmetyków

Z dniem 1 stycznia 2019 r. w Polsce weszła w życie Ustawa o produktach kosmetycznych z dnia 4 października 2018 r (Dz.U. z 2018 r., poz. 2227). Ustawa ta reguluje przede wszystkim kwestię odpowiedzialności producentów i dystrybutorów produktów kosmetycznych. Wprowadza system informowania o ciężkich działaniach niepożądanych produktów kosmetycznych stosowanych na terytorium RP.

Analogicznie jak do systemu wczesnego ostrzegania w branży spożywczej, żywności tj:. systemu RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed, system wczesnego ostrzegania o niebezpiecznej żywności i paszach), dla produktów nieżywnościowych w tym produktów kosmetycznych ma zastosowanie system RAPEX (Europejski System Szybkiej Wymiany Informacji o Produktach Niebezpiecznych) [European Commission 2021]. Każde ostrzeżenie zawiera informacje na temat rodzaju produktu uznanego za niebezpieczny, opis zagrożenia oraz opis działań podjętych przez podmiot gospodarczy lub zarządzone przez

organ. Każde ostrzeżenie jest analizowane przez organy właściwe dla kraju podmiotu wprowadzającego produkt na rynek.

W tabeli 1 zostały przedstawione zgłoszenia zagrożenia bezpieczeństwa dotyczące produktów kosmetycznych za I kwartał 2021 r. W większości ostrzeżenia te dotyczą zagrożeń chemicznych w tym obecność metali ciężkich, związków chemicznych mogących powodować zagrożenie dla zdrowia i życia użytkowników. W liście tej nie ma związków chemicznych wskazujących na możliwość zanieczyszczenia kosmetyków mikroplastikiem, a dokładniej markerami, które wchodzą w skład mikroplastików. Może to oznaczać, że temat ten wciąż jest mało zbadany. Może na to wpływać brak odpowiedniej wiedzy i metod badawczych. Raport Najwyższej Izby Kontroli z kwietnia 2021 r. wskazuje, że na razie zarówno w unijnym, jak i polskim prawodawstwie, nie określono dopuszczalnych stężeń mikrocząstek plastiku w wodzie pitnej i żywności, co uniemożliwia prowadzenie badań w tym zakresie [NIK 2021]. Z powodu braku uregulowań w prawie unijnym i polskim, organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej nie uwzględniały w zaplanowanych działaniach badań zawartości mikroplastiku w wodzie pitnej i żywności. Dopiero 12 stycznia 2021 r. weszła w życie przekształcona Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zgodnie z którą będzie można prowadzić monitoring mikroplastiku w wodzie [Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020]. Komisja Europejska dostała czas na przyjęcie procedury badawczej w tym zakresie do 12 stycznia 2024 r. [NIK 2021]. Znajduje to niejako potwierdzenie w tym, że wydany przez Naukowy Komitet Bezpieczeństwa Konsumenta Komisji Europejskiej przewodnik dotyczący oceny bezpieczeństwa nanomateriałów w kosmetykach nie wyszczególnia metod badawczych do określania zawartości i toksyczności nanoplastiku [SCCS 2020]. Aktualnie w Europejskiej Agencji Chemikaliów toczy się dla nich proces wprowadzania nowych ograniczeń. Ocena wniosku złożonego przez Europejską Agencję Chemikaliów jest dyskutowana na Komitecie ds. Oceny Ryzyka (RAC) oraz w Komitecie ds. Analiz Społeczno-Ekonomicznych (SEAC). Propozycja ograniczeń dotyczy zakazu wprowadzania do obrotu substancji w jej postaci własnej lub w mieszaninie jako mikroplastiku w stężeniu równym lub większym niż 0,01% wag./wag. Ograniczenia będą dotyczyły wielu branż, takich jak: przemysł kosmetyczny, detergenty, nawozy sztuczne czy środki ochrony roślin [NIK 2021].

Tabela 1. Przykładowe zgłoszenia w bazie RAPEX dotyczące produktów kosmetycznych od stycznia do marca 2021 r.

Rodzaj kosmetyku	Kraj	Rodzaj zagrożenia	Szczegóły zagrożenia	Zagrożenie	Decyzja
Pasta do zębów	Indie	mikrobiologiczne	Produkt jest mikrobiologicznie zanieczyszczony mezofilnymi bakteriami tlenowymi, drożdżami i pleśnią (mierzone wartości 10500 cfu/g); zidentyfikowano *Pseudomonas* i organizmy tworzące zarodniki tlenowe	Mikroorganizmy mogą potencjalnie powodować choroby u niektórych konsumentów, zwłaszcza u osób z osłabionym układem odpornościowym	Wstrzymanie sprzedaży
Henna proszek do barwienia skóry	Indie	chemiczne	Produkt zawiera 2-hydroksy-1,4-naftochinon do 0,14 % masy	2-hydroksy-1,4-naftochinon powoduje poważne podrażnienie oczu i skóry, jest szkodliwy w przypadku połknięcia i może powodować podrażnienie dróg oddechowych	Wycofany z rynku
Zielone serum do stosowania miejscowego	Australia	mikrobiologiczne	Produkt jest mikrobiologicznie zanieczyszczony mezofilnymi bakteriami tlenowymi i drożdżami (mierzone wartości 1 200 000 cfu/g dla mezofilnych bakterii tlenowych i 150 000 cfu/g dla drożdży)	W przypadku stosowania na uszkodzonej skórze lub w przypadku kontaktu z oczami, produkt może powodować zakażenie lub podrażnienie	Zablokowano przewóz na granicy

Krem o działaniu rozjaśniającym i odżywczym	Pakistan	chemiczne	Zawiera rtęć 15590 mg/kg 8061 mg/kg 7502 mg/kg	Rtęć gromadzi się w organizmie i może uszkodzić nerki, mózg i układ nerwowy; ponadto może wpływać na reprodukcję i nienarodzone dziecko	Zakaz wprowadzenia produktu do obrotu; odzyskanie produktu od użytkowników końcowych
Krem o działaniu rozjaśniającym i odżywczym	Wybrzeże Kości Słoniowej	chemiczne	Zawiera propionian klobetazolu 0,021 % masy 0,0062 % masy 0,0044 % masy	Ekspozycja na ten związek może powodować podrażnienie skóry i może prowadzić do zaburzeń hormonalnych	Odzyskanie produktu od użytkowników końcowych
Zestaw do wybielania zębów	Brazylia	chemiczne	Produkt zawiera zbyt dużo fluorku sodu − do 2% masy	W wysokim stężeniu fluorek sodu może powodować plamy w szkliwie zębów (fluoroza dentystyczna); w umiarkowanej do ciężkiej fluorozy, zęby są również osłabione i doznają trwałego uszkodzenia fizycznego; przewlekłe nadmierne wchłanianie fluorku sodu może powodować stwardnienie kości, zwapnienie więzadeł, i nagromadzenie na zębach; nadmierne spożycie fluorku sodu może być również toksyczne w przypadku połknięcia, powoduje poważne podrażnienie oczu i podrażnienie skóry	Zablokowanie przywozu na granicy
Lakier do paznokci	Chińska Republika Ludowa	chemiczne	Produkt zawiera nadmierną ilość n-Nitrosodietanoloaminy (NDELA) 110 µg/kg mc	NDELA jest nitrozoaminą, która może powodować raka poprzez spożycie lub narażenie skóry	Wycofanie produktu z rynku

Mleczko do mycia rąk	Niemcy	chemiczne	Produkt zawiera ołów 150 mg/kg mc	Ołów jest szkodliwy dla zdrowia ludzkiego, ponieważ gromadzi się w organizmie i może uszkodzić nienarodzone dziecko	Odzyskanie produktu od użytkowników końcowych, produkt wykryto i wycofano w Polsce
Szampon i odżywka	Nieznany	chemiczne	Ze względu na swój charakterystyczny wygląd, formę, kolor i rozmiar, produkt może być mylony ze środkami spożywczymi przez dziecko lub osobę podatną na zagrożenia	Prawdopodobieństwo spożycia produktu jest niskie, ale może być niebezpieczne, ponieważ produkt zawiera środki powierzchniowo czynne; są to środki pieniące, które po aspiracji, mogą powodować chemiczne zapalenie płuc; chemiczne zapalenie płuc może być śmiertelne u dzieci i osób w podeszłym wieku	Oznaczenie produktu odpowiednimi ostrzeżeniami o zagrożeniach, produkt wykryty m.in. w Polsce
Produkt do stylizacji włosów	Belgia	chemiczne	Produkt zawiera cyklotetrasiloksan 4 %	Obecność cyklotetrasiloksanu jest zabroniona przez rozporządzenie kosmetyczne	Wycofanie produktu z rynku

Podsumowanie

Mikroplastik może być obecny w produktach kosmetycznych, jednak z nielicznych dotychczasowych badań wynika, że jego przenikanie z produktów kosmetycznych do organizmu człowieka jest ograniczone, a przez to działanie toksyczne jest marginalne. Konsumenci są znacznie bardziej bezpośrednio narażeni na mikro- i nanoplastik obecny w pożywieniu oraz powietrzu. Produkty kosmetyczne mogą być pośrednim źródłem narażenia na mikroplastik poprzez degradację opakowań oraz pozostałości preparatów zmywalnych, które trafiają do środowiska.

Bibliografia

Alvarez-Román R., Naik A., Kalia Y.N., Guy R.H., Feesi H., 2004. Skin penetration and distribution of polymeric nanoparticles. J. Control. Release. 99, 53–62. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2004.06.015

Andrady A.L., 2015. Persistence of plastic litter in the oceans. In: M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (red.), Marine anthropogenic litter. Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 57–72. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_3

Bakir A., Rowland S.J., Thompson R.C., 2012. Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. Mar. Pollut. Bull. 64, 2782–2789. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.010

Cheung P.K., Fok L., 2017. Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. Water Res. 122, 53–61. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.053

Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (text with EEA relevance).

Dris R., Gasperi J., Saad M., Mirande C., Tassin B., 2016. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? Mar. Pollut. Bull. 104, 290–293. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006

ECHA (European Chemicals Agency), 2021a. Lista kandydacka substancji stanowiących bardzo duże zagrożenie, oczekujących na pozwolenie. https://echa.europa.eu/pl/candidate-list-table [dostęp 31.05.2021]

ECHA (European Chemicals Agency), 2021b. Mapping exercise – Plastic additives initiative. https://echa.europa.eu/pl/mapping-exercise-plastic-additives-initiative [dostęp 31.05.2021]

European Commission, 2016. Cosmetic ingredient database. In: Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs – European Commission. https://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/cosing_en [dostęp 27.05.2021]

European Commission, 2021. Safety Gate for dangerous non-food products (RAPEX). W: The EU rapid alert system for dangerous non-food products. https://ec.europa.eu/safety-gate-alerts/screen/search [dostęp 27.06.2021]

Galgani F., Hanke G., Werner S., De Vrees L., 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. ICES J. Mar. Sci. 70, 1055–1064. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst122

Gigault J., ter Halle A., Baudrimont M., Pascal P.-Y., Gauffre F., Phi T.-L., El Hadri H., Grassl B., Reynaud S., 2018. Current opinion: What is a nanoplastic? Environ. Pollut. 235, 1030–1034. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024

Hernandez L.M., Yousefi N., Tufenkji N., 2017. Are there nanoplastics in your personal care products? Environ. Sci. Technol. Lett. 4, 280–285. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00187

Hwang J., Choi D., Han S., Jung S.Y., Choi J., Hong J., 2020. Potential toxicity of polystyrene microplastic particles. Sci. Rep.10, 7391. https://doi.org/10.1038/s41598-020-64464-9

Islam S., Apitius L., Jakob F., Schwaneberg U., 2019. Targeting microplastic particles in the void of diluted suspensions. Environ. Int. 123, 428–435. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.12.029

Jani P., Halbert G.W., Langridge J., Florence A.T., 1989. The uptake and translocation of latex nanospheres and microspheres after oral administration to rats. J. Pharm. Pharmacol. 41, 809–812. https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1989.tb06377.x

Jatana S., Callahan L.M., Pentland A.P., DeLouise L.A., 2016. Impact of cosmetic lotions on nanoparticle penetration through *ex vivo* C57BL/6 hairless mouse and human skin: a comparison study. Cosmetics 3, 6. https://doi.org/10.3390/cosmetics3010006

Karami A., Golieskardi A., Keong Choo C., Larat V., Galloway T.S., Salamatinia B., 2017. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. Sci. Rep. 7, 46173. https://doi.org/10.1038/srep46173

Koelmans A.A., Bakir A., Burton G.A., Janssen C.R., 2016. Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. Environ. Sci. Technol. 50, 3315–3326. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069

Leslie H.A., 2014. Review of microplastics in cosmetics: scientific background on a potential source of plastic particulate marine litter to support decision-making. IVM Institute for Environmental Studies, 33 ss.

Li C., Ma Y., Liu X., Huang R., Su R., Qi W., Che J., He Z., 2021. Synergistic effect of polystyrene nanoplastics and contaminants on the promotion of insulin fibrillation. Ecotoxicol. Environ. Saf. 214, 112115. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112115

Liebezeit G., Liebezeit E., 2013. Non-pollen particulates in honey and sugar. Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. 30, 2136–2140. https://doi.org/10.1080/19440049.2013.843025

Liebezeit G., Liebezeit E., 2014. Synthetic particles as contaminants in German beers. Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. 31, 1574–1578. https://doi.org/10.1080/19440049.2014.945099

Lu L., Wan Z., Luo T., Jin Y., 2018. Polystyrene microplastics induce gut microbiota dysbiosis and hepatic lipid metabolism disorder in mice. Sci. Total. Environ. 631–632, 449–458. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.051

Lu R.X.Z., Radisic M., 2021. Organ-on-a-chip platforms for evaluation of environmental nanoparticle toxicity. Bioact. Mater. 6, 2801–2819. https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.01.021

Luo T., Wang C., Pan Z., Jin C., Fu Z., Jin Y., 2019. Maternal polystyrene microplastic exposure during gestation and lactation altered metabolic homeostasis in the dams and their F1 and F2 offspring. Environ. Sci. Technol. 53, 10978–10992. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03191

Mahler G.J., Esch M.B., Tako E., Southard T.L., Archer S.D., Glahn R.P., Shuler M.L., 2012. Oral exposure to polystyrene nanoparticles affects iron absorption. Nature Nanotech. 7, 264–271. https://doi.org/10.1038/nnano.2012.3

Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanehiro H., Ohtake C., Kaminuma T., 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. Environ. Sci. Technol. 35, 318–324. https://doi.org/10.1021/es0010498

NIK (Najwyższa Izba Kontroli), 2021. Informacja o wynikach kontroli "Ochrona ludzi przed szkodliwym wpływem tworzyw sztucznych". Delegatura w Łodzi. www.nik.gov.pl

Napper I.E., Bakir A., Rowland S.J., Thompson R.C., 2015. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. Mar. Pollut. Bull. 99,178–185. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029

Prata J.C., 2018. Airborne microplastics: consequences to human health? Environ. Pollut. 234, 115–126. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043

Prata J.C., da Costa J.P., Lopes I., Duarte A.C., Rocha-Santos T., 2020. Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. Sci. Total Environ. 702, 134455. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455

Rahman A., Sarkar A., Yadav O.P., Achari G., Slobodnik J., 2021. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: a scoping review. Sci. Total. Environ. 757, 143872. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143872

Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC.

Ribeiro F., O'Brien J.W., Galloway T., Thomas K.V., 2019. Accumulation and fate of nano- and micro-plastics and associated contaminants in organisms. Trends Analyt. Chem. 111, 139–147. https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.12.010

Rochman C.M., Brookson C., Bikker J., Djuric N., Earn A., Bucci K., Athey S., Huntington A., McIlwraith H., Munno K., De Frond H., Kolomijeca A., Erdle L, Grbic J., Bayoumi M., Borrelle S.B., Wu T., Santoro S., Werbowski L.M., Zhu X., Giles R.K., Hamilton B.M., Thaysen C., Kaura A., Klasios N., Ead L., Kim J., Sherlock C., Ho A., Hungi C., 2019. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. Environ. Toxicol. Chem. 38, 703–711. https://doi.org/10.1002/etc.4371

SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety), 2020. Guidance on the Safety Assessment of Nanomaterials in Cosmetics. SCCS/1611/19. European Union.

Shopova S., Sieg H., Braeuning A., 2020. Risk assessment and toxicological research on micro- and nanoplastics after oral exposure via food products. EFSA J. 18, e181102. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.e181102

Song Y., Li X., Du X., 2009. Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma. Eur. Respir. J. 34, 559–567. https://doi.org/10.1183/09031936.00178308

Song Y.K., Hong S.H., Jang M., Han G.M., Jung S.W., Shim W.J., 2017. Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type. Environ. Sci. Technol. 51, 4368–4376. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06155

Sykes E.A., Dai Q., Tsoi K.M., Hwang D.M., Chan W.C.W., 2014. Nanoparticle exposure in animals can be visualized in the skin and analysed via skin biopsy. Nat. Commun. 5, 3796. https://doi.org/10.1038/ncomms4796

Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John A.W.G., McGonigle D., Russel A.E., 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? Science 304, 838–838. https://doi.org/10.1126/science.1094559

Ustawa o produktach kosmetycznych z dnia 4 października 2018 r (Dz. U. z 2018 r. poz. 2227).

Yee M.S.-L., Hii L.-W., Looi C.K., Lim W.-M., Wong S.-F., Kok Y.-Y., Tan B.-K., Wong C.-Y., Leong C.-O., 2021. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. Nanomaterials (Basel) 11, 496. https://doi.org/10.3390/nano11020496

You Y., Thrush S.F., Hope J.A., 2020. The impacts of polyethylene terephthalate microplastics (mPETs) on ecosystem functionality in marine sediment. Mar. Pollut. Bull. 160, 111624. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111624

Zettler E.R., Mincer T.J., Amaral-Zettler L.A., 2013. Life in the "Plastisphere": microbial communities on plastic marine debris. Environ. Sci. Technol. 47, 7137–7146. https://doi.org/10.1021/es401288x

Streszczenie. Tworzywa sztuczne to jeden z tysięcy rodzajów składników, które są obecnie stosowane w produktach do pielęgnacji ciała i kosmetykach na całym świecie. Czas życia mikroplastików w różnych produktach kosmetycznych jest dłuższy niż czas życia konsumentów, którzy ich używają. Rozbicie tworzyw sztucznych na mikro- i nanocząstki doprowadziło do obaw o to, jak toksyczne są te tworzywa sztuczne dla środowiska i ludzi. Dostępne są badania odnośnie wpływu mikro- i nanotworzyw sztucznych na środowisko, jednak bardzo niewiele jest badań nad wpływem mikroplastiku zawartego m.in. w kosmetykach na organizm człowieka na poziomie subkomórkowym lub molekularnym.

Słowa kluczowe: kosmetyki, bezpieczeństwo kosmetyków, RAPE

Filtry chemiczne i fizyczne w kosmetykach przeciwsłonecznych oraz ich wpływ na zdrowie człowieka i środowisko naturalne

Eliza Wargala[1], Agnieszka Zalewska[1], Martyna Sławska[1],
Magdalena Toporowska[2]✉

Kosmetyki służące do ochrony przeciwsłonecznej są bardzo ważnym elementem profilaktyki skóry przed negatywnymi skutkami ekspozycji na promieniowanie ultrafioletowe, jak rumień, oparzenia słoneczne czy zwiększenie ryzyka występowania czerniaka, a także innych nowotworów skóry [Bojarowicz i Bartnikowska 2014]. Zasadnicze składniki kosmetyków przeciwsłonecznych to chemiczne (organiczne) i fizyczne (mineralne) filtry UV. Substancje te nie powinny przenikać w głąb skóry. Ponadto powinny charakteryzować się stabilnością, efektywnością stosowania przy niskich stężeniach i bezpieczeństwem użytkowania. Najczęściej, aby uzyskać szerszy zakres ochrony przeciwsłonecznej, w recepturach preparatów fotoprotekcyjnych stosuje się kombinację filtrów chemicznych i fizycznych. Stosowanie tych ochronnych substancji może wywierać negatywny wpływ na zdrowie człowieka oraz środowisko naturalne.

Filtry chemiczne (organiczne) stosowane w kosmetykach przeciwsłonecznych

Filtry chemiczne (organiczne) są ważnym elementem profilaktyki fotostarzenia się skóry. Są to substancje chemiczne, które wnikają w wierzchnie warstwy naskórka i absorbują promieniowanie UV i zamieniają je na nieszkodliwą energię cieplną [Litwinek i in. 2021, Rzepa i in. 2021]. Filtry UV charakteryzują się pochłanianiem części promieni krótkofalowych, natomiast odbijają promienie o długości fal powyżej 380 nm. Filtry organiczne dzieli się ze względu na spek-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Studenckie Koło Naukowe Biologów, Sekcja Biokosmetologii, ul. Akademicka 15, 20-951 Lublin, opiekun sekcji: dr hab. Mirosława Chwil, prof. uczelni
[2] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
✉ magdalena.toporowska@up.lublin.pl

trum działania. Filtry o wąskim spektrum działania chronią skórę przed promieniami UVB o długości fal 280−320 nm. Filtry o szerokim spektrum działania chronią skórę przed promieniami UVA o długości 320−400 nm oraz przed promieniami UVB. Chemiczne filtry o średnim spektrum działania chronią skórę w głównej mierze przed promieniowaniem UVA [Bojarowicz i Bartnikowska 2014].

Kwas paraaminobenzoesowy (PABA) jest jednym z najstarszych filtrów stosowanych do ochrony przeciwsłonecznej. Jego główną zaletą jest odporność na zmywanie podczas kąpieli wodnych oraz na ścieranie mechaniczne. Używanie tego rodzaju filtra może jednakże wywołać reakcje alergiczne i fototoksyczne [Lowe 2006]. Dużym stopniem bezpieczeństwa fotoalergicznego i fototoksycznego charakteryzuje się oktokrylen (Octocrylene, ester 2-etyloheksylowy kwasu 2-cyjano-3,3-difenyloakrylowego). Główną wadą oktykrylenu jest utrata odporności w wyniku kąpieli wodnych i działania potu [Wang i in. 2010].

Łączną ochronę przed UVA i UVB zapewniają benzofenony i benzotriazole. Benzofenony wraz z innymi filtrami stanowią wzmożoną ochronę SPF (ang. *sun protection factor* – wskaźnik ochrony przeciwsłonecznej). W produktach chroniących przed promieniami UV stosuje się trzy benzofenony: Benzophenone-3 (oksybenzon), Benzophenone-4, Benzophenone-5 [Krause i in. 2012]. Tinosorb M i Tinosorb S są filtrami, których ochrona przeciwsłoneczna polega na odbijaniu promieni UV. Oba filtry nie wywołują alergii i są pozytywnie tolerowane. Tinosorb M stosowny w produktach w stężeniu 10%, pomaga w stabilizacji filtrów UVA. Tinosorb S może być stosowany w stężeniu 10% i jest fotostabilny [Wang i in. 2010]. Tinosorb M i Tinosorb S mają zwiększony wpływ działania na promienienie UV, dzięki czemu nie stosuje się dużej ilości produktów promieniochronnych, zawierających w składzie dane filtry [Hüglin 2016]. Tinosorb S charakteryzuje się rozpuszczalnością w tłuszczach. Tinosorb M zbudowany jest z mikrocząsteczek o gramaturze 100−200 nm, które są zdyspergowane w fazie wodnej filtrów promieniochronnych [Chatelain i Gabard 2001, Kullavanijaya i Lim 2005].

Ochronę chemiczną przed promieniami UVA zapewniają pochodne benzylidenokamfory i butylometoksydibenzoilometanu. Pochodna benzylidenokamfory określana jest jako Mexoryl SX. Filtr ten jest fotostabilny, szerokopasmowy i wodoodporny. Łączy się go z dwutlenkiem tytanu (TiO_2) oraz Avobenzonem. Butylometoksydibenzoilometan znany jest jako Parsol 1789 lub Avobenzon. Jest filtrem fotoniestabilnym pomimo szerokiego spektrum działania. Aby zapewnić mu stabilność, łączy się go z filtrem UVB, często jest nim oktokrylen [Wang i in. 2010]. Bernerd i in. [2000] udowodnili, że Mexoryl przeciwdziała szkodliwemu działaniu wywołanemu przez promieniowanie UV: zmniejsza stopień

uszkodzenia DNA oraz upośledzenie układu odpornościowego. Prowadzi także do zmniejszenia ilości wytwarzanych rodników utleniających, a co za tym idzie − zmniejsza niestabilność warstwy melanocytów.

Kosmetyki z filtrami chemicznymi mają wiele zalet − w przeciwieństwie do mineralnych nie barwią skóry, mają lżejszą konsystencję, dobrze się wchłaniają i nie pozostawiają tłustej warstwy na powierzchni skóry. Negatywnymi czynnikami są możliwe silne działanie na skórę, jej obciążanie, wysuszanie i możliwość podrażniania – szczególnie u osób o wrażliwej cerze. Filtry chemiczne mogą barwić tkaniny, w tym trwale włókna sztuczne. Misiuna-Rębisz i Dyzmann-Sroka [2012] przeprowadzili badania dotyczące wiedzy na temat bezpiecznego korzystania z kąpieli słonecznych. Wśród przebadanych 339 respondentów 49% osób wychodząc na słońce starało się pamiętać o użyciu filtrów UVA/UVB, 24% stosowało kremy jedynie w momencie opalania się, natomiast 25% nigdy nie używało środków promieniochronnych. Kuros i in. [2019] przeprowadzili badania, w których 29% ankietowanych zadeklarowało, że opalenizna jest atrakcyjna, natomiast 60% czuje się lepiej, mając opaleniznę. Produkty promieniochronne użytkowało 62% przebadanych, jednak 61% nie umiało wyjaśnić pojęcia SPF.

Filtry fizyczne (mineralne) stosowane w kosmetykach przeciwsłonecznych

Filtrami fizycznymi są substancje pochodzenia mineralnego, których funkcjonowanie polega na rozproszeniu promieniowania UV. Wyróżnia się dwie kategorie substancji: barwne pigmenty o wielkości cząsteczek 200–300 µm takie jak dwutlenek tytanu (TiO_2), tlenek cynku (ZnO), tlenki żelaza (Fe_2O_3, Fe_3O_4), układ mika-tlenek tytanu (blaszki mikowe pokryte tlenkiem tytanu) oraz pigmenty mikronizowane o wielkości cząsteczek 20–80 nm (nanocząsteczki) takie jak TiO_2 i ZnO [Bojarowicz i Bartnikowska 2014]. Tlenek cynku znajduje zastosowanie w kosmetykach używanych w ochronie przeciwsłonecznej skóry z melazmą. Występuje powszechnie w produktach promieniochronnych i pudrach wykorzystywanych w kosmetykach kolorowych. Zamiennikiem tlenku cynku jest połączenie cynk-glicyna, zdolne do indukowania metalotioneniny (MT), co w rezultacie wzmacnia odporność na stres oksydacyjny spowodowany promieniowaniem UV oraz zmniejsza pojawianie się przebarwień [Kawamura i in. 2018]. Tlenek tytanu (IV) TiO_2 używany jest jako dodatek w produktach kosmetycznych i farmaceutycznych [Kowalkińska i Zielińska-Jurek 2020]. Absorpcja promieniowania UV przez cząstki TiO_2 ma obszerne zastosowanie w produkcji kremów przeciwsłonecznych. Zmniejszenie się rozmiarów cząstek zwiększa

absorpcję promieniowania UV, aktywność fotokatalityczną i hydrofilowość TiO_2 [Gruszka i in. 2019].

Aby ograniczyć skutki uboczne stosowania filtrów, w kosmetykach wykorzystuje się powlekane tlenki metali [Lademann 2000]. Tlenki tytanu wymieszane z manganem charakteryzują się większą wydajnością niż TiO_2 w substancjach promieniochronnych składających się z organicznych pochłaniaczy promieni UV [Wakefield i in. 2004]. Tlenek żelaza jako dodatek do substancji promieniochronnych mineralnych ma zmniejszoną zdolność ochrony przed promieniami UVA o skali 340−400 nm.

Wyniki badań tlenku cynku (ZnO) zarówno przed, jak i po naświetlaniu sztucznym światłem słonecznym były zbliżone, co potwierdziło jego fotostabilność [Mitchnick i in. 1999]. Filtr zaakceptowano do stosowania w substancjach promieniochronnych w 1998 r. jako bezpieczny i wykazujący pozytywne działanie. Jednak w niewielkiej mierze związek ten może doprowadzać do reakcji alergicznych.

Nanocząsteczki ZnO i TiO_2 są uważane za najskuteczniejsze minerały, które chronią skórę przed szkodliwym promieniowaniem [Smijs i Pavel 2011]. Niestety niewiele wiadomo na temat krótko- i długoterminowych skutków zdrowotnych stosowania nanocząsteczek (cząsteczki od 1 do 100 nm) w kosmetykach. Istnieje wiele obaw dotyczących możliwych zagrożeń, mogących wyniknąć z penetracji nanomateriałów przez skórę i drogą wziewną [Gupta i Xie 2018]. W związku z tym istnieje konieczność rozwoju badań nad wpływem nanocząsteczek na organizm ludzki, a każdy taki składnik kosmetyku musi być wyraźnie oznaczony terminem „nano" w wykazie składników, co reguluje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych [Dz.U. UE L 2009.342.59].

Obecnie istnieje wiele organicznych i nieorganicznych filtrów UV, które są łącznie stosowane w formule kosmetyku w celu osiągnięcia trwałej ochrony przed promieniowaniem UVA/UVB przy zachowaniu wysokiego SPF (powyżej 50) [Wang i in. 2013]. Rekomendowanymi substancjami chemicznymi chroniącymi przed promieniami UV są: arobenzony (Parsol), pochodne kamfory (Mexoryl), benzotriazole (Tinosorb). Wchodzą w skład kompozycji promieniochronnych o potwierdzonej naukowo mocy działania oraz wysokim stopniu bezpieczeństwa [Braun-Falco i in. 2004, Adamski i Kaszuba 2008, Fourtanier i in. 2008]. Nie istnieją preparaty stanowiące 100% ochrony przed promieniowaniem UV. Dlatego też organizacje kosmetyczne, m.in. Colipa (The Cosmetic Toiletry and Perfumey Associtation), wymagają od producentów szczegółowych danych o wskaźniku SPF w produkcie. SPF powinien być dokładnie oznaczony na etykiecie. SPF przypisuje się do wskazanych klas protekcji: niski 2–4–6, średni

8–10–12, wysoki 15–20–25, bardzo wysoki 30–40–50, ultra wysoki 50+. Zamiennikami SPF, stosowanymi do opisywania produktów promieniochronnych są: LSF, IP, FP, SF, BF [Holick 2008a].

Naturalne substancje promieniochronne i przeciwutleniacze

W przemyśle kosmetycznym coraz większe znaczenie odgrywają substancje pochodzenia naturalnego, w tym mające właściwości fotoochronne. Najnowsze badania Piotrowskiej i in. [2019] wykazały, że kompozycja sproszkowanej fioletowej marchwi i aloesu z masłem kokosowym była najskuteczniejszym preparatem ochronnym (48% skuteczności) spośród przebadanych. Zestawienie tych surowców może być pewną alternatywą dla kosmetyków zawierających filtry chemiczne. Kolejnym z surowców, który ma działanie ochronne przed promieniowaniem UV, jest masło shea [Tomaszkiewicz-Potępa i in. 2015]. W badaniach przeprowadzonych przez Niculae i in. [2014] wykazano właściwości antyoksydacyjne otrębów ryżowych i nanocząsteczek na bazie oleju z pestek malin w aspekcie właściwości fotoprotekcyjnych. Zredukowanie filtrów chemicznych do 3,5% przy jednoczesnym wykorzystaniu formulacji 10,5% olejów roślinnych pozwoliło na poprawę ochrony przeciwsłonecznej z 91% do 93% [Niculae i in. 2014]. Witamina E jest przeciwutleniaczem, który może chronić skórę przed fotostarzeniem [Thiele i in. 2005]. Udowodniono również, że sproszkowane perły powstające w procesie mikronizacji pereł, poprawiają nawilżenie skóry, wzmacniając ochronę przed promieniowaniem UV. Dodatkowo składniki pereł zaabsorbowane w skórze mają wpływ na fizjologię keratynocytów, co powoduje, że skóra staje się gładka i bardziej elastyczna [Ratz-Łyko 2013]. Zeolit zwiększa odporność skóry na promieniowanie UV oraz na inne negatywne czynniki zewnętrzne [Miedziak 2003].

β-karoten oraz α-tokoferol wykazują aktywność fotoprotekcyjną. Są antyoksydantami o właściwościach hamujących reaktywne formy tlenu, stosowanymi w leczeniu i profilaktyce nadwrażliwości na światło, w zapobieganiu nowotworom skóry i przeciwdziałaniu starzeniu się pod wpływem światła UV [Holick 2008b]. Połączenie kwasu askorbinowego z witaminą E, która ma potencjał regeneracyjny, skutkuje synergistycznym efektem [Greul i in. 2002, Burke 2007]. Niektóre badania wskazują, że koenzym Q10 (CoQ10) jest w stanie zmniejszyć uszkodzenia i reakcję zapalną wywołane promieniowaniem UV [Žmitek i in. 2017].

Efekt ustrojowy ujawnia się zarówno po zastosowaniu ogólnym tych środków, jak i po użyciu miejscowym. Wielu badaczy wykazało, że naturalne sub-

stancje pokarmowe, obfite w karotenoidy i flawonoidy, chronią przed promieniowaniem UV [Stahl i in. 2001, Marzec 2005, Stahl i in. 2006, Stahl i Sies 2007]. Związki te nie działają blokująco na promieniowanie UV, ale zabezpieczają przed uszkodzeniami posłonecznymi. Wzmacniają właściwości zewnętrzne środków promieniochronnych. Jednak w związku z tym że większość substancji naturalnych ma niewielkie właściwości fotoprotekcyjne, nie mogą one stanowić podstawy preparatów o wysokim współczynniku ochrony przeciwsłonecznej i powinny być stosowane łącznie z filtrami mineralnymi lub chemicznymi [Bojarowicz i Bartnikowska 2014].

Wpływ filtrów przeciwsłonecznych na środowisko naturalne

Filtry UV stanowią źródło zanieczyszczeń. Trafiają do środowiska głównie za pośrednictwem ścieków z oczyszczalni i osadów ściekowych, wykorzystywanych w rolnictwie jako nawóz lub wyrzucanych na wysypiska śmieci [Ramos i in. 2016]. Zanieczyszczenia chemiczne pochodzące z filtrów przeciwsłonecznych i produktów do pielęgnacji ciała mogą być zagrożeniem dla raf koralowych na terenach, gdzie występuje duża gęstość zaludnienia, rozwinięta turystyka i ośrodki rekreacyjne [Mitchelmore i in. 2019]. Filtry słabo rozpuszczają się w wodzie, mają wysoką lipofilność i wysoką zawartość węgla organicznego, co powoduje utrudnienia w oczyszczaniu ścieków z tych substancji [Blüthgen i in. 2014]. Badanie przeprowadzone w Korei przez Ekpeghere i in. [2016] wykazało zwiększenie ilości filtrów UV o ponad 25% w oczyszczalniach ścieków w okresie letnim. Wzrost stężenia filtrów chemicznych UV, m.in. BP-3, w ściekach był powiązany ze zwiększoną liczbą turystów [Schaap i Slijkerman 2018]. Filtry UV są spłukiwane do basenów i wód powierzchniowych podczas aktywności rekreacyjnych. Filtry organiczne mogą oddziaływać z chlorem, wytwarzając przy tym szkodliwe produkty przemiany, nazywane bromowanymi produktami przemiany [Sherwood i in. 2012, Manasfi i in. 2017, DiNardo i Downs 2018].

Organiczne i nieorganiczne filtry UV mogą być poddane procesowi fotodegradacji, powodując podwyższenie stężenia reaktywnych form tlenu, oddziałując toksycznie na fitoplankton [Sánchez-Quiles i Tovar-Sánchez 2015]. Brausch i Rand [2011] przeprowadzili badania związane z bioakumulacją filtrów, wykazując większe stężenia oksybenzonu (Benzophenone-3) w rybach niż w wodzie. Badania na pospolitej roślinie wodno-błotnej *Cyperus alternifolius* L. wykazały, że ma ona właściwości absorbujące oksybenzon, dzięki systemowi korzeniowemu, który kumuluje związki chemiczne w swoich tkankach. Roślina metabolizuje oksybenzon w związek mniej toksyczny [Chen i in. 2017]. W tej grupie pro-

duktów promieniochronnych znajdują się m.in.: oxybenzon, awobenzon. Oxybenzon jest substancją, na którą należy zwrócić uwagę pod względem bezpieczeństwa. Protektory słoneczne w 4% absorbują oxybenzon w głębsze warstwy skóry i mogą doprowadzić do nieprawidłowości w gospodarce hormonalnej [Gonzalez i in. 2006, Whiteman i in. 2019]. Oksybenzon z otokarboksylem zostały zakazane na Hawajach. Udowodniono ich negatywne skutki w postaci wybielania raf koralowych. Do wód trafiają z oczyszczalni ścieków, w wyniku usuwania ze skóry podczas kąpieli i pływania. Stężenie w wodzie tych substancji jest największe w okolicach plaż [Danovaro i in. 2008, Tsui i in. 2014, He i in. 2019].

Wpływ związków chemicznych obecnych w filtrach na działanie hormonów

Niektóre związki chemiczne obecne w produktach ochrony przeciwsłonecznej mogą wpływać negatywnie na działanie hormonów [Wang i in. 2016, Paul 2019]. Wyczerpujące informacje na ten temat podaje Wang i in. [2016] w jednej z najnowszych prac na ten temat. Na przykład wiele benzofenonów zidentyfikowano jako substancje zaburzające gospodarkę hormonalną. Były one zaangażowane w zaburzenia układu podwzgórzowo-przysadkowo-gonadalnego [Wang i in. 2016]. Jak wykazały różne biotesty *in vivo, in vitro* i *in silico,* benzofenony wykazywały wiele efektów zaburzających gospodarkę hormonalną w stosunku do receptora estrogenowego, androgenowego, progesteronowego. Dioksybenzon oraz oktinoksat wpływały na zwiększenie częstotliwości występowania raka sutka u osób stosujących filtry z tymi składnikami oraz utrudniały czas powrotu do zdrowia. Dioksybenzon wpływał także na zmniejszanie płodności [Dębska i in. 2010, Sikora i in. 2018]. Struktura benzofenonu sprawia, że związek ten może wnikać przez łożysko do płodu i wywierać wpływ na masę urodzeniową dzieci [Krause i in. 2012]. Wykazano również, że benzofenony ulegają konwersji do 4-hydroksybenzofenonu po ekspozycji na światło słoneczne, co wskazuje na potencjalne ryzyko estrogenowe stosowania filtrów przeciwsłonecznych zawierających te substancje [Hayashi i in. 2006]. Ponadto pełna ochrona przed promieniowaniem UV za pośrednictwem odzieży i filtrów UV prowadzi do niedoboru witaminy D ze wszystkimi znanymi negatywnymi skutkami dla ogólnego stanu zdrowia [Birkhäuser 2016].

Podsumowanie

Produkty kosmetyczne zawierające filtry UV są ważnym elementem ochrony skóry przed negatywnymi skutkami ekspozycji na promieniowanie ultrafioletowe. Filtry dzielą się na fizyczne i chemiczne. Dodatkowymi, pozytywnymi aspektami stosowania produktów z filtrami chemicznymi są: brak zabarwienia skóry, lżejsza konsystencja, dobra wchłanialność i brak tłustej warstwy na powierzchni skóry. Badania wykazały właściwości chroniące przed promieniowaniem UV również naturalnych substancji pokarmowych, bogatych w karotenoidy i flawonoidy. Filtry przeciwsłoneczne i produkty do pielęgnacji ciała są źródłem zanieczyszczeń chemicznych w środowisku i mogą być niebezpieczne na przykład dla raf koralowych na obszarach turystycznych, obszarach przy ośrodkach rekreacyjnych oraz terenach o dużej gęstości zaludnienia. Niektóre substancje stosowane jako filtry UV mogą wpływać negatywnie na gospodarkę hormonalną.

Bibliografia

Adamski Z., Kaszuba A., 2008. Dermatologia dla kosmetologów. Wyd. Nauk. Uniw. Med. im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań.

Bernerd F., Vioux C., Asselineau D., 2000. Evaluation of the protective effect of sunscreens on in vitro reconstructed human skin exposed to UVB or UVA irradiation. Photochem. Photobiol. 71(3), 314–320. https://doi.org/10.1562/0031-8655(2000)0710314EOTPEO2.0.CO2

Birkhäuser M., 2016. Filtr UV und Endokrinium. Gynäkologische Endokrinologie 14(3), 165−173. https://doi.org/10.1007/s10304-016-0086-y

Blüthgen N., Meili N., Chew G., Odermatt A., Fent K., 2014. Accumulation and effects of the UV-filter octocrylene in adult and embryonic zebrafish (*Danio rerio*). Sci. Total Environ. 476, 207–217. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.015

Bojarowicz H., Bartnikowska N., 2014. Kosmetyki ochrony przeciwsłonecznej. Część I. Filtry UV oraz ich właściwości. Probl. Hig. Epidemiol. 95(3), 596–601.

Braun-Falco O., Plewig G., Wolff H.H., Burgdorf W.H.C., 2004. Dermatologia. Wyd. Czelej, Lublin.

Brausch J.M., Rand G.M., 2011. A review of personal care products in the aquatic environment: environmental concentrations and toxicity. Chemosphere 82(11), 1518–1532. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.11.018

Burke K.E., 2007. Interaction of vitamins C and E as better cosmeceuticals. Dermatol. Ther. 20(5), 314–321. https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2007.00145.x

Chatelain E., Gabard B., 2001. Photostabilization of butyl methoxydibenzoylmethane (Avobenzone) and ethylhexyl methoxycinnamate by bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (Tinosorb S), a new UV broadband filter. Photochem. Photobiol. 74(3), 401–406. https://doi.org/10.1562/0031-8655(2001)0740401POBMAA2.0.CO2

Chen F., Huber C., Schröder P., 2017. Fate of the sunscreen compound oxybenzone in *Cyperus alternifolius* based hydroponic culture: uptake, biotransformation and phytotoxicity. Chemosphere 182, 638–646. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.072

Danovaro, R., Bongiorni, L., Corinaldesi, C., Giovannelli, D., Damiani, E., Astolfi, P., Greci L., Pusceddu, A. (2008). Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. Environ. Health Perspect. 116(4), 441–447. https://doi.org/10.1289/ehp.10966

Dębska S., Potemski P., 2010. Leczenie hormonalne chorych na raka piersi z nadekspresją receptora HER2. Onkol. Prakt. Klin. 6(6), 301–310.

DiNardo J.C., Downs C.A., 2018. Dermatological and environmental toxicological impact of the sunscreen ingredient oxybenzone/benzophenone-3. J. Cosmet. Dermatol. 17(1), 15–19. https://doi.org/10.1111/jocd.12449

Ekpeghere K.I., Kim U.J., Sung-Hee O., Kim H.Y., Oh J.E., 2016. Distribution and seasonal occurrence of UV filters in rivers and wastewater treatment plants in Korea. Sci. Total Environ. 542, 121–128. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.033

Fourtanier A., Moyal D., Spite S., 2008. Sunscreens containing the broad-spectrum UVA absorber, Mexoryl SX, prevent the cutaneous detrimental effects of UV exposure: a review of clinical study results. Photodermatol. Photoimmunol. Photomed. 24(4), 164–174. https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2008.00365.x

Gonzalez H., Farbrot A., Larkö O., Wennberg A.M., 2006. Percutaneous absorption of the sunscreen benzophenone-3 after repeated whole-body applications, with and without ultraviolet irradiation. Br. J. Dermatol. 154(2), 337–340. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.07007.x

Greul A.K., Grundmann J.U., Heinrich F., Pfitzner I., Bernhardt J., Ambach A., Biesalski H.K., Gollnick H., 2002. Photoprotection of UV-irradiated human skin: an antioxidative combination of vitamins E and C, carotenoids, selenium and proanthocyanidins. Skin Pharmacol. Appl. Skin Physiol. 15(5), 307–315. https://doi.org/10.1159/000064534

Gruszka, J., Malejko, J., Godlewska-Żyłkiewicz, B. (2019). Nanocząstki tlenku tytanu (IV): zastosowanie w produktach użytkowych, badania właściwości i oznaczanie techniką spektrometrii mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną pracującą w trybie pojedynczej cząstki. Wiad. Chem. 73(5−6), 367−400.

Gupta R., Xie H., 2018. Nanoparticles in daily life: applications, toxicity and regulations. J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. 37(3), 209–230.

Hayashi T., Okamoto Y., Ueda K., Kojima N., 2006. Formation of estrogenic products from benzophenone after exposure to sunlight. Toxicol. Lett. 167, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2006.08.001

He T., Tsui M.M.P., Tan C.J., Ma C.Y., Yiu S.K.F., Wang L.H., Chen H.C., Fan T.Y., Lam P.K.S., Murphy M.B., 2019. Toxicological effects of two organic ultraviolet filters and a related commercial sunscreen product in adult corals. Environ. Pollut. 245, 462–471. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.029

Holick M.F., 2008a. Sunlight. UV-radiation, vitamin D and skin cancer: how much sunlight do we need? Adv. Exp. Med. Biol. 624, 1–15.

Holick M.F., 2008b. Vitamin D and sunlight: strategies for cancer prevention and other health benefis. Clin J. Am. Nephrol. 3(5), 1548–1554. https://doi.org/10.2215/CJN.01350308

Hüglin D., 2016. Advanced UV absorbers for the protection of human skin. Chimia 70(7), 496–501. https://doi.org/10.2533/chimia.2016.496

Kawamura T., Kinoshita M., Ogawa Y.M., Shimada S., 2018. Zinc and skin disorders. Nutrients 10(2), 199. https://doi.org/10.3390/nu10020199

Kowalkińska M., Zielińska-Jurek A., 2020. Różne oblicza nanostruktur tlenku tytanu(IV). Laborant 14.

Krause M., Klit A., Blomberg Jensen M., Soeborg T., Frederiksen H., Schlumpf M., Lichtensteiger W., Skakkebaek N.E., Drzewiecki K.T., 2012. Sunscreens: are they beneficial for health? An overview of endocrine disrupting properties of UV-filters. Int. J. Androl. 35(3), 424–436. https://doi.org/ 10.1111/j.1365-2605.2012.01280.x

Kullavanijaya P., Lim H.W., 2005. Photoprotection. J. Am. Acad. Dermatol. 52(6), 937–958. https://doi.org/10.1016/j.jaad.2004.07.063

Kuros F., Pinas K., Skalska K., Skupień J., 2019. Świadomość młodego społeczeństwa na temat wpływu działania promieni UV oraz profilaktyka fotostarzenia się skóry. Kosmetol. Estet. 8(4), 407–413.

Lademann J., Weigmann H.J., Schaefer H., Mueller G., Sterry W., 2000. Investigation of the stability of coated titanium microparticles used in sunscreens. Skin Pharmacol. Physiol. 13(5), 258–264. https://doi.org/10.1159/000029931

Litwinek A., Zmysłowska W., Oczkowska U., Barańska A., Firlej E., Sokołowska A., 2021. Fotostarzenie skóry – przyczyny i sposoby zapobiegania. W: S.K. Birma (red.), Nauka, edukacja, społeczeństwo: narzędzie i mechanizmy nowoczesne innowacji rozwój materialny. Instytut Innowacyjnej Edukacji, Ukraina, 116–120.

Lowe N.J., 2006. An overview of ultraviolet radiation, sunscreens and photo-induced dermatoses. Dermatol. Clin. 24(1), 9–17. https://doi.org/10.1016/j.det.2005.08.001

Manasfi T., Coulomb B., Ravier S., Boudenne J.L., 2017. Degradation of organic UV filters in chlorinated seawater swimming pools: transformation pathways and bromoform formation. Environ. Sci. Technol. 51(23), 13580–13591. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02624

Marzec A., 2005. Chemia kosmetyków. TNOiK, Polska.

Miedziak B., 2003. Uzdrawiająca moc glinki zielonej. Smootch, 40-82.

Misiuna-Rębisz N., Dyzmann-Sroka A., 2012. Rozsądne korzystanie z promieniowania UV oceniane na podstawie badania ankietowego przeprowadzonego w Wielkopolskim Centrum Onkologii. Zesz. Nauk. WCO, Lett. Oncol. Sci. 9(3), 115–120. https://doi.org/10.1016/S1734-0489(12)70001-9

Mitchelmore C.L., He K., Gonsior M., Hain E., Heyes A., Clark C., Blaney L., 2019. Occurrence and distribution of UV-filters and other anthropogenic contaminants in coastal surface water, sediment, and coral tissue from Hawaii. Sci. Total Environ. 670, 398–410. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.034

Mitchnick M.A., Fairhurst D., Pinnell S.R., 1999. Microfine zinc oxide (Z-cote) as a photostable UVA/UVB sunblock agent. J. Am. Acad. Dermatol. 40(1), 85–90. https://doi.org/10.1016/S0190-9622(99)70532-3

Niculae G., Lacatusu I., Badea N., Stan R., Vasile B.S., Meghea A., 2014. Rice bran and raspberry seed oil-based nanocarriers with self-an- tioxidative properties as safe photoprotective formulations. Photochem. Photobiol. Sci. 13(4), 703–716. https://doi.org/10.1039/C3PP50290B

Paul S.P., 2019. Ensuring the safety of sunscreens, and their efficacy in preventing skin cancers: challenges and controversies for clinicians, formulators, and regulators. Front. Med. 6, 195. https://doi.org/10.3389/fmed.2019.00195

Piotrowska A., Totko-Borkusiewicz N., Klucznik A., 2019. Olej kokosowy – możliwości zastosowań kosmetycznych. Post. Fitoter. 20(2), 136–144. https://doi.org/10.25121/PF.2019.20.2.136

Ramos S., Homem V., Alves A., Santos L., 2016. A review of organic UV-filters in wastewater treatment plants. Environ. Int. 86, 24–44. http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.004

Ratz-Łyko A., 2013. Surowce pochodzenia morskiego jako składniki kosmetyków. Cosmetol. Today, Patents Invent., 4, 3–7.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych (Dz.U. UE L 2009.342.59).

Rzepa A., Ciozda A., Mielniczuk P., Dalmata W., Gąbka I., Firlej E., 2021. Znaczenie ochrony przeciwsłonecznej. W: S.K. Birma (red.), Nauka, edukacja, społeczeństwo: narzędzie i mechanizmy nowoczesne innowacji rozwój materialny. Instytut Innowacyjnej Edukacji, Ukraina, 139–143.

Sánchez-Quiles D., Tovar-Sánchez A., 2015. Are sunscreens a new environmental risk associated with coastal tourism? Environ. Int. 83, 158–170. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.06.007

Schaap I., Slijkerman D.M., 2018. An environmental risk assessment of three organic UV-filters at Lac Bay, Bonaire, Southern Caribbean. Mar. Pollut. Bull. 135, 490–495. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.054

Sherwood V.F., Kennedy S., Zhang H., Purser G.H., Sheaff R.J., 2012. Altered UV absorbance and cytotoxicity of chlorinated sunscreen agents. Cutan. Ocul. Toxicol. 31(4), 273–279. https://doi.org/10.3109/15569527.2011.647181

Sikora M., Szlachta M., Pikor N., Smolarski P., Wrześniok D., 2018. Filtry UV w kosmetykach: Czy wszystkie są bezpieczne dla zdrowia? Ann. Acad. Med. Siles. 72, 261–266.

Smijs T., Pavel S., 2011. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effectiveness. Nanotechnol. Sci. Appl. 4, 95–112. https://doi.org/10.2147%2FNSA.S19419

Stahl W., Heinrich U., Aust O., Tronnier H., Sies H., 2006. Lycopenerich products and dietary photoprotection. Photochem. Photobiol. Sci. 5(2), 238–242. https://doi.org/10.1039/B505312A

Stahl W., Heinrich U., Wiseman S., Eichler O., Sies H., Tronnier H., 2001. Dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in humans. J. Nutr. 131(5), 1449–1451. https://doi.org/10.1093/jn/131.5.1449

Stahl W., Sies H., 2007. Carotenoids and flavonoids contribute to nutritional protection against skin damage from sunlight. Mol. Biotechnol. 37(1), 26–30. https://doi.org/10.1007/s12033-007-0051-z

Thiele J.J., Hsieh S.N., Ekanayake-Mudiyanselage S., 2005. Vitamin E: critical review of its current use in cosmetic and clinical dermatology. Dermatol. Surg. 31, 805–813. https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2005.31724

Tomaszkiewicz-Potępa A., Śliwa K., Lasoń E., Sikora E., Jaworska M., Ogonowski J., 2015. Masło shea (masło karite). Cz. III. Zastosowanie w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym. Przem. Chem. 94(7), 69–73.

Tsui M.M., Leung H.W., Wai T.C., Yamashita N., Taniyasu S., Liu W., Lam P.K.S., 2014. Occurrence, distribution and ecological risk assessment of multiple classes of UV filters in surface waters from different countries. Water Res. 67, 55–65. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.09.013

Wakefield G., Lipscomb S., Holland E., Knowland J., 2004. The effects of manganese doping on UVA absorption and free radical generation of micronised titanium dioxide and its consequences for the photostability of UVA absorbing organic sunscreen components. Photochem. Photobiol. Sci. 3(7), 648–652.

Wang S.Q., Balagula Y., Osterwalder U., 2010. Photoprotection: a review of the current and future technologies. Dermatol. Ther. 23, 31–47. https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2009.01289.x

Wang J., Pan, L. Wu S., Lu L., Xu Y., Zhu Y., Guo M., Zhuang, S., 2016. Recent advances on endocrine disrupting effects of UV filters. IJERPH 13(8), 782–793. https://doi.org/10.3390/ijerph13080782

Wang S.Q., Tanner P.R., Lim H.W., Nash J.F., 2013. The evolution of sunscreen products in the United States – a 12-year cross sectional study. Photochem. Photobiol. Sci. 12(1), 197–202. https://doi.org/10.1039/C2PP25112D

Whiteman D.C., Neale R.E., Aitken J., Gordon L., Green A.C., Janda M., Olsen C.M., Soyer H.P., Sunscreen Summit Policy Group, 2019. When to apply sunscreen: a consensus statement for Australia and New Zealand. Aust. N.Z.J. Public Health 43(2), 171–175. https://doi.org/10.1111/1753-6405.12873

Žmitek K, Pogačnik T, Mervic L, Žmitek J, Pravst I., 2017. The effect of dietary intake of coenzyme Q10 on skin parameters and condition: Results of a randomised, placebo-controlled, double-blind study. Biofactors 43(1), 132−140. https://doi.org/10.1002/biof.1316/. Epub 2016 Aug 22. PMID: 27548886.

Streszczenie. Produkty kosmetyczne do ochrony przeciwsłonecznej stanowią ważny element profilaktyki skóry przed negatywnymi skutkami ekspozycji na promieniowanie ultrafioletowe. Zasadniczymi składnikami kosmetyków przeciwsłonecznych są chemiczne (organiczne) i fizyczne (mineralne) filtry UV. Najczęściej, aby uzyskać szerszy zakres ochrony przeciwsłonecznej, w recepturach preparatów fotoprotekcyjnych stosuje się kombinację filtrów chemicznych i fizycznych. Stosowanie tych ochronnych substancji może wywierać negatywny wpływ na zdrowie człowieka, powodując alergie skórne,

a w przypadku niektórych zaburzenia gospodarki hormonalnej. Filtry UV stosowane w produktach kosmetycznych wywierają negatywny wpływ na środowisko naturalne, zwłaszcza ekosystemy wodne. W publikacji przedstawiono filtry UV jako składniki kosmetyków ochrony przeciwsłonecznej, zwracając szczególną uwagę na bezpieczeństwo ich stosowania.

Słowa kluczowe: UV, ochrona przeciwsłoneczna, biokosmetologia, filtry mineralne, ochrona środowiska

Wymagania sanitarno-higieniczne w gabinetach kosmetycznych

Anna Pecyna[1]✉, Agnieszka Buczaj[1], Zbigniew Kobus[1]

W dzisiejszych czasach coraz więcej ludzi regularnie dba o swój wygląd. Będąc zadbanym i dobrze czując się we własnej skórze, mamy lepsze samopoczucie i większą pewność siebie. W dodatku wiele osób wierzy, że doskonały wygląd, wypielęgnowana i promieniująca zdrowiem twarz to klucz do osiągnięcia sukcesu w każdej sferze życia. Stąd też rynek usług kosmetycznych w naszym kraju rozwija się z roku na rok. Zgodnie z danymi Głównego Inspektora Sanitarnego na 31 grudnia 2018 r. w Polsce było niemal 30 tys. gabinetów kosmetycznych, odnowy biologicznej oraz salonów tatuażu [GIS 2019]. Zwiększone zapotrzebowanie na usługi związane z poprawą urody, wizerunku i sylwetki przekładają się na intensywny rozwój branży usług kosmetycznych. Miejscem, w którym możemy skorzystać z wielu zabiegów, które poprawią nasz wygląd i samopoczucie, są m.in. gabinety kosmetyczne. Korzystne oddziaływanie zabiegów kosmetologicznych na poprawę samopoczucia i samooceny kobiet, a także pozytywny wpływ makijażu na atrakcyjność fizyczną kobiet potwierdzają przeprowadzone dotychczas badania naukowe [Gawron 2013, Kosmala i in. 2019]. Rynek usług kosmetycznych nie jest zarezerwowany wyłącznie dla pań – w ostatnich latach zwiększył się także odsetek mężczyzn korzystających z tego rodzaju usług [Kryczka i Giemza 2020].

Prawidłowo funkcjonujący gabinet kosmetyczny, podobnie jak salon urody lub tatuażu czy zakład fryzjerski, powinien spełniać odpowiednie wymogi sanitarne. Lokale te to miejsca szczególnej higieny, ponieważ przeprowadzane w nich zabiegi wpływają na zdrowie, a często nawet życie klientów. Pracownicy gabinetu kosmetycznego powinni być świadomi specyfiki wykonywanego zawodu i wykonywanych zabiegów, które mogą doprowadzić do naruszenia ciągłości tkanek, stwarzając niebezpieczeństwo zakażenia drobnoustrojami, wirusami, grzybami i bakteriami, a w związku z tym szczególnych zagrożeń, z jakimi stykają się na co dzień w pracy. Szczególnym rodzajem ryzyka jest możliwość przeniesienia zakażenia z klienta na klienta, z klienta na pracownika lub z pra-

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Podstaw Techniki, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
✉ anna.pecyna@up.lublin.pl

cownika na klienta. Każdy klient powinien być traktowany jako źródło zakażenia, chociaż niekoniecznie musi być zakaźnie chory. Należy pamiętać o zjawisku nosicielstwa chorób zakaźnych, kiedy u osoby przenoszącej zakażenie nie występują żadne objawy chorobowe. Przenoszenie drobnoustrojów chorobotwórczych odbywa się na drodze kontaktu bezpośredniego i pośredniego [Meena i in. 2019]. Ochrona klienta i personelu w gabinecie kosmetycznym polega m.in. na dezynfekcji i sterylizacji narzędzi i sprzętu, myciu i odkażaniu rąk, a także praniu ręczników, peleryn i prześcieradeł w środkach dezynfekcyjnych. Przerwanie ciągłości warstwy ochronnej może spowodować przedostawanie się mikroorganizmów chorobotwórczych do wnętrza organizmu, a nieodkażona lub źle odkażona skóra stwarza ryzyko przeniesienia infekcji.

Podstawa prawna

Formalnie do 2 stycznia 2012 r. podstawowym źródłem wiedzy na temat wymogów sanitarnych obowiązujących salony kosmetyczne było Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań sanitarnych, jakim powinny odpowiadać zakłady fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej (Dz.U. z 2004 nr 31, poz. 273). Od tego czasu podejmowano próby przygotowania i stworzenia nowego dokumentu, jednak do tej pory nie udało się doprowadzić procesu legislacyjnego do końca. Na podstawie art. 22 ust. 2 Ustawy z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz.U. z 2020 r., poz. 1845, ze zm.) na stronie internetowej gov.pl zamieszczono projekt rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 10 czerwca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań sanitarnohigienicznych przy świadczeniu usług fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej. Projekt rozporządzenia ciągle jest na etapie opiniowania. Minister Zdrowia zwrócił uwagę na niebezpieczeństwo szerzenia się zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi pojawiające się podczas świadczenia usług pozamedycznych w zakresie pielęgnacji i zdobienia ciała (usług fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej), powszechnie dostępnych dla ludności. Zagrożenie szerzenia się zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi związane jest głównie z zabiegami przebiegającymi lub mogącymi przebiegać z naruszeniem ciągłości tkanek ludzkich, którym towarzyszy lub może towarzyszyć naruszenie bariery skóry i innych tkanek oraz z kontaktem uszkodzonej skóry lub śluzówek ze skażoną krwią lub wydzielinami i wydalinami człowieka np. surowicą czy śliną. Do zagrożeń tych zalicza się w szczególności choroby:

– wirusowe zapalenie wątroby typu B (wzw B) – spowodowane zakażeniem wirusem HBV,

– wirusowe zapalenie wątroby typu C (wzw C) – wywołane zakażeniem wirusem HCV oraz

– zakażenie wirusem HIV.

Wprowadzenie nowego rozporządzenia ma na celu zapobieganie zakażeniom oraz chorobom zakaźnym u ludzi przez zapewnienie należytego stanu sanitarno-higienicznego obiektów, w których są świadczone usługi fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej, oraz higieniczne warunki świadczenia tych usług. Rozwiązania zawarte w rozporządzeniu pozwolą na zwiększenie bezpieczeństwa zdrowotnego usługobiorców i usługodawców przez zapobieganie u źródła szerzeniu się zakażeń i chorób zakaźnych. Ze względu na brak szczepień przeciw wielu chorobom zakaźnym jest to bardzo ważne. Przyjęte rozwiązania mają również skutecznie zmniejszać ryzyko zakażenia grzybicą i wszawicą, które może wystąpić przy świadczeniu usług pielęgnacji i upiększania ciała, gdy miejsce, sprzęt, wyroby, materiały i narzędzia przeznaczone do zabiegów nie są odpowiednio czyste.

W odpowiedzi na interpelację nr 22207 z dnia 2 kwietnia 2021 r. dotyczącą prac legislacyjnych nad aktem wykonawczym sekretarz stanu w Ministerstwie Zdrowia Waldemar Kraska poinformował, że prace te są zawieszone i zostaną podjęte, w miarę możliwości, w najbliższym możliwym terminie. Zgodnie z art. 16 Ustawy z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz U. z 2020 r., poz. 1845, ze zm.) osoby inne niż udzielające świadczeń zdrowotnych podejmujące czynności, w trakcie wykonywania których dochodzi do naruszenia ciągłości tkanek ludzkich, są zobowiązane do wdrożenia i stosowania procedur zapewniających ochronę przed zakażeniami oraz chorobami zakaźnymi. Sposób postępowania przy wykonywaniu czynności, w trakcie których dochodzi do naruszenia ciągłości tkanek ludzkich, zasady stosowania sprzętu poddawanego sterylizacji, sposoby przeprowadzania dezynfekcji skóry i błon śluzowych oraz dekontaminacji pomieszczeń i urządzeń powinny regulować procedury. Zgodnie z odpowiedzią na interpelację wskazano, że „na wniosek podmiotu obowiązanego do wdrożenia i stosowania ww. procedur, państwowy powiatowy inspektor sanitarny opiniuje te procedury. W celu wyeliminowania ewentualnych błędów, mogących pojawić się w przyjętych procedurach zalecane jest, aby zostały one zaopiniowane przez właściwego miejscowo państwowego powiatowego inspektora sanitarnego, przed rozpoczęciem przez podmiot działalności" [Interpelacja nr 22207…].

Instytucją nadzorującą gabinety kosmetyczne pod kątem zabezpieczenia zarówno klientów, jak i personelu przed niebezpieczeństwem przenoszenia chorób

zakaźnych i zarażenia nimi oraz podnoszenia jakości świadczonych usług jest Państwowa Inspekcja Sanitarna, podległa Ministrowi Zdrowia, kierowana przez Głównego Inspektora Sanitarnego jako centralny organ administracji rządowej. Z kolei nadzór bieżący i interwencyjny pełnią powiatowe stacje sanitarno-epidemiologiczne.

Problemy bezpieczeństwa i higieny pracy to przede wszystkim zagadnienia prawne, techniczne oraz higieniczno-sanitarne. Podstawowym celem stosowania przepisów bhp jest zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracownikom i klientom oraz zapobieganie wypadkom przy pracy i chorobom zawodowym. W tym względzie obowiązuje Ustawa o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi z dnia 5 grudnia 2008 r. z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2020 r., poz. 1845, ze zm.).

Wymagania dotyczące lokalu i pomieszczeń w gabinecie kosmetycznym

W porównaniu z nieobowiązującymi już przepisami rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2004 r. w projekcie rozporządzenia z 10 czerwca 2019 r. zaproponowano, aby obiekty usługowe fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej były zlokalizowane w odrębnym budynku lub lokalu albo stanowiły wyodrębnioną część budynku lub lokalu i posiadały niezależne wejście z zewnątrz lub z dróg komunikacji ogólnej. Wejście i przejścia do poszczególnych pomieszczeń powinny być dostosowane również do potrzeb klientów niepełnosprawnych.

Projekt rozporządzenia w § 3 ust. 3 określa otwarty katalog pomieszczeń i miejsc, wraz z ich przeznaczeniem, wchodzących w skład obiektu, w którym są świadczone usługi. Zgodnie z powyższym w gabinecie powinny być wydzielone:

a) pomieszczenia na świadczone usługi,

b) szatnia oraz poczekalnia dla osób korzystających z usług (urządzone razem albo oddzielnie),

c) szafka lub wieszak na odzież dla usługobiorców przy stanowiskach świadczenia usług związanych z zabiegami całego lub dużej części ciała,

d) pomieszczenia higienicznosanitarne, w tym ustępy, łaźnie, sauny, natryski, łazienki, umywalnie, szatnie, przebieralnie, pralnie, spełniające wymagania określone w przepisach techniczno-budowlanych w sprawie warunków technicznych, jakie powinny spełniać budynki i ich usytuowanie, wydanych na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2018 r., poz. 1202, z późn. zm.),

e) pomieszczenie lub miejsce:

– do spożywania posiłków dla osób świadczących usługi, oddzielone od pomieszczenia, w którym są świadczone usługi,

– do przechowywania sprzętu i środków do utrzymania czystości,

przeznaczone na szatnię odzieży własnej osób świadczących usługi, wyposażone w szafki lub wieszak,

– do przechowywania czystej odzieży roboczej lub ochronnej i czystej bielizny,

– do przechowywania brudnej odzieży roboczej lub ochronnej i brudnej bielizny wielorazowego użytku,

– do przechowywania produktów kosmetycznych oraz produktów do zabiegów, wyrobów, narzędzi oraz materiałów stosowanych przy świadczeniu usług,

f) stanowisko sterylizacji, w przypadku prowadzenia w obiekcie dekontaminacji, obejmującej mycie, dezynfekcję i sterylizację.

W projekcie rozporządzenia zrezygnowano z określania konkretnych wymiarów powierzchni i rozwiązań funkcjonalnych pomieszczeń obiektu, pozostawiając tę kwestię odrębnym przepisom oraz w dyspozycji osób zarządzających obiektem, ograniczając się jedynie do wskazania uwarunkowań koniecznych pod względem wymagań higienicznych i zdrowotnych (§ 3 ust. 4 projektu rozporządzenia). Powierzchnia pomieszczeń w gabinecie powinna umożliwiać takie rozmieszczenie, zainstalowanie i użytkowanie wyposażenia, które zapewnia utrzymanie w czystości pomieszczeń i ich wyposażenia oraz dekontaminację wyrobów i narzędzi stosowanych podczas wykonywania pracy. Elementy budowlane, wykończenie oraz wyposażenie pomieszczeń powinny być łatwe do utrzymania w czystości i nieuszkodzone.

W szatni, łazience czy umywalni posadzka powinna być zmywalna i nieśliska, a każda ściana do wysokości co najmniej 2 m powinna posiadać powierzchnię zmywalną, odporną na działanie wilgoci i umożliwiającą stosowanie środków do utrzymania czystości, a także produktów biobójczych służących do dezynfekcji. Dezynfekcja to niszczenie wegetatywnych (żyjących) form drobnoustrojów chorobotwórczych. Do tego celu wykorzystuje się metody fizyczne (gotowanie, napromieniowanie UV-C) i środki chemiczne (chlor, spirytus 70%). W wyniku dezynfekcji zmniejsza się liczbę mikroorganizmów do ilości, która nie stwarza zagrożenia dla zdrowia człowieka.

Czysta bielizna, odzież robocza lub ochronna powinny być przechowywane wyłącznie w szafkach do tego celu przeznaczonych i odpowiednio oznakowanych. Brudna bielizna wielorazowego użytku, odzież robocza lub ochronna powinny być przechowywane wyłącznie w przeznaczonych do tego celu pojemnikach, zamkniętych i odpowiednio oznakowanych. Pranie brudnej odzieży roboczej lub ochronnej i brudnej bielizny wielorazowego użytku może odbywać się

w zakładzie w pralni lub w pralkosuszarce w wyodrębnionym obszarze w pomieszczeniu, w którym są świadczone usługi, spełniającym wymagania określone dla pralni.

Wyposażenie gabinetu, w tym meble, powinno mieć gładką, nie wchłaniającą kurzu powierzchnię, odporną na działanie wilgoci i uszkodzenia mechaniczne oraz umożliwiającą stosowanie produktów biobójczych, służących do dezynfekcji. Pomieszczenia oraz wyposażenie obiektu powinny być na bieżąco utrzymywane w czystości.

Zgodnie z § 7 projektu rozporządzenia niedopuszczalne jest świadczenie usług na wolnostojących stanowiskach zorganizowanych w komunikacji ogólnej budynków, w tym w holach i w ciągach dróg wewnętrznych budynków. Jeśli rozporządzenie wejdzie w życie w takim kształcie będzie oznaczało koniec „paznokciowych wysp" w galeriach handlowych, czyli miejsc świadczących drobne usługi kosmetyczne, głównie manicure.

Instalacja wodociągowa i kanalizacyjna, wentylacja, odpady

Obiekt powinien być wyposażony w instalację wodociągową i kanalizacyjną, jak również wentylację oraz pojemniki do gromadzenia odpadów. Gabinet powinien być zasilany w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi z sieci wodociągowej lub z indywidualnego ujęcia wody. Ponadto gabinet powinien być podłączony do gromadzenia nieczystości płynnych lub innego systemu kanalizacji, a także powinien być ogrzewany.

W obiekcie zapewnia się wymianę powietrza odpowiednio do potrzeb użytkowych i funkcji pomieszczeń, bilansu ciepła i wilgotności oraz zanieczyszczeń stałych i gazowych. W pomieszczeniach, w których są świadczone usługi, strumień doprowadzanego powietrza zewnętrznego wynosi co najmniej 20 m^3/h na osobę, a w przypadku gdy pomieszczenia są klimatyzowane oraz wentylowane bez otwieranych okien – 30 m^3/h na osobę.

Zgodnie z § 14 projektu rozporządzenia odpady w obiekcie gromadzi się w jednorazowych zamykanych pojemnikach lub jednorazowych workach foliowych umieszczonych w zamykanych pojemnikach wielorazowego użycia. Odpady powstające przy świadczeniu usług, w trakcie których dochodzi lub może dojść do naruszenia ciągłości tkanek ludzkich lub kontaktu z błonami śluzowymi, zbiera się selektywnie w miejscach ich powstawania, uwzględniając sposób ich unieszkodliwiania. Odpady, które stanowią wyroby i narzędzia jednorazowego użytku o ostrych końcach lub krawędziach, bezpośrednio po użyciu zbiera się w miejscu ich powstawania do jednorazowych, zamykanych, szczelnych

i odpornych na uszkodzenia mechaniczne pojemników o nienasiąkliwych ścianach. Natomiast odpady, które uległy lub mogły ulec zanieczyszczeniu płynami ustrojowymi, wydzielinami lub wydalinami (inne niż wyroby i narzędzia opisane powyżej) powinny być gromadzone w oznakowanych, wytrzymałych workach foliowych, odpornych na działanie wilgoci i środków chemicznych, z możliwością jednokrotnego zamknięcia.

Standardy higieniczne w gabinecie kosmetycznym, dekontaminacja, sterylizacja

Usługi kosmetyczne zgodnie z projektem rozporządzenia powinny być świadczone z zachowaniem zasad higieny, w tym higieny rąk, z wykorzystaniem rękawic jednorazowego użytku, na uprzątniętych i czystych stanowiskach. Ponadto musi być spełniony warunek zapewnienia bezkolizyjnego dostępu do umywalki z doprowadzoną ciepłą i zimną wodą oraz odprowadzeniem ścieków do instalacji kanalizacyjnej. Osoby świadczące usługi kosmetyczne przy świadczeniu usług nie noszą na rękach biżuterii i innych ozdób lub galanterii.

Projektowane rozporządzenie wprowadza zasadę, że standardy higieniczne świadczenia usług wraz z zasadami postępowania z odpadami są jednakowe bez względu na miejsce ich wykonywania, zarówno w obiekcie usługowym, jak w miejscu wezwania u klienta (§ 8–11, § 14 projektu rozporządzenia). Przepisy wskazują jednoznacznie, że przy świadczeniu usług można stosować wyłącznie czyste i technicznie sprawne wyroby oraz narzędzia, w stopniu zapewniającym ochronę przed szerzeniem się zakażeń i chorób zakaźnych. Wyroby i narzędzia muszą stanowić materiał sterylny, gdy ich używanie narusza lub może naruszyć ciągłość tkanek ludzkich lub wiąże się z kontaktem z błonami śluzowymi.

Aby zapewnić sterylność wyrobów i narzędzi, konieczne jest poddawanie sprzętu wielorazowego użytku dekontaminacji zakończonej skuteczną sterylizacją. Sterylizacja (wyjałowienie) to proces polegający na usunięciu wszelkich drobnoustrojów i ich zarodników oraz przetrwalników. Narzędzia, które mają być poddane sterylizacji, muszą być najpierw zdezynfekowane. W projekcie rozporządzenia w § 11, określając warunki świadczenia usług, zwrócono szczególną uwagę na zagwarantowanie odpowiednich warunków dekontaminacji i magazynowania wyrobów i narzędzi, a także odzieży ochronnej i roboczej wielorazowego użytku, używanych przy świadczeniu usług. Przewidziano dwa sposoby dotyczące dekontaminacji (obejmującej mycie, dezynfekcję i sterylizację) narzędzi i sprzętu wielorazowego użytku. Pierwszym rozwiązaniem jest przeprowadzenie dekontaminacji przez wyspecjalizowany podmiot zewnętrzny

świadczący usługi sterylizacji narzędzi, wyrobów medycznych i innych materiałów na podstawie umowy z tym podmiotem. Drugim rozwiązaniem podanym w projekcie rozporządzenia jest dekontaminacja na stanowisku sterylizacji w obiekcie we własnym zakresie.

W projekcie zwrócono uwagę na istotne elementy umowy z podmiotem zewnętrznym świadczącym usługi sterylizacji, które mają zapewnić:

a) właściwe postępowanie z materiałem skażonym w obiekcie usługowym przed przekazaniem do dekontaminacji, biorąc pod uwagę np. częstotliwość przekazywania go podmiotowi zewnętrznemu, wpływającą na stopień przylegania zanieczyszczeń do wyrobów i narzędzi, co powinno znaleźć również odzwierciedlenie w procedurach czystości i dekontaminacji opracowywanych na potrzeby danego obiektu;

b) informacje na temat stosowanej metody sterylizacji, postępowania z materiałem sterylnym do chwili jego odbioru przez świadczącego usługi, co ułatwi analizę dokumentacji przy ewentualnych dochodzeniach w sprawie jałowości narzędzi i wyrobów.

Dowodem stosowania sterylnych wyrobów i narzędzi wielorazowego użytku przy świadczeniu usług powinny być umowy (przechowywane w obiekcie przez 10 lat) wraz z protokołami przekazania materiału skażonego oraz odbioru materiału sterylnego.

Projekt rozporządzenia w odpowiednich załącznikach przewiduje możliwość przeprowadzania dekontaminacji, obejmującej mycie, dezynfekcję i sterylizację w obiekcie usługowym przy spełnieniu konkretnych wymagań i warunków określonych w:

– załączniku nr 1 dotyczącym szczegółowych wymagań sanitarnohigienicznych dla stanowiska sterylizacji w obiekcie;

– załączniku nr 2 dotyczącym szczegółowych warunków w zakresie dekontaminacji;

– załączniku nr 3 dotyczącym szczegółowych warunków prowadzenia sterylizacji w obiekcie.

W § 22 projektu rozporządzenia określono kwalifikacje osób uprawnionych do realizacji procedur czystości lub dekontaminacji w obiekcie. Przeprowadzanie skutecznego czyszczenia i dekontaminacji wszystkich powierzchni i wyposażenia w obiekcie usługowym co do zasady wymaga, aby personel zajmujący się takimi czynnościami był przeszkolony w realizacji procedur czystości i dekontaminacji oraz obsłudze i zasadach działania urządzeń wykorzystywanych w obiekcie.

Zgodnie z § 11 ust. 6 projektowanego rozporządzenia sterylizacja w obiekcie powinna być prowadzona w specjalnie do tego przeznaczonych sterylizatorach

parowych (autoklawach), gwarantujących uzyskanie materiału sterylnego, spełniających co najmniej standardy normy PN-EN 13060: Małe sterylizatory parowe – służące do sterylizacji w opakowaniu sterylizacyjnym. Wymienione sterylizatory wymagają precyzyjnej obsługi i dokładnego nadzoru, znajomości zasad i terminologii określonych w Polskich Normach w zakresie techniki medycznej oraz przepisach prawa, instrukcjach montażu, obsługi, kontroli skuteczności sterylizacji, literaturze fachowej itp.

Skuteczność procesów sterylizacji to łańcuch zależności, w którym bardzo ważną rolę odgrywa świadomy i odpowiedzialny personel. Ukończenie stosownego szkolenia z technologii sterylizacji i dezynfekcji pozwoli personelowi na samodzielne przeprowadzanie dekontaminacji wyrobów i materiałów wielorazowego użytku (procedury związane z technologią dezynfekcji i sterylizacji), w sposób prawidłowy, bezpieczny (zgodnie z obowiązującymi przepisami bhp) oraz skuteczny – zakończony uzyskaniem materiału sterylnego.

Zgodnie z § 22 ust. 2 projektu rozporządzenia osoba uprawniona do realizacji procedur dekontaminacji materiału skażonego w obiekcie ma posiadać tytuł zawodowy technika sterylizacji medycznej albo co najmniej średnie wykształcenie oraz ukończony kurs kwalifikacyjny z technologii sterylizacji i dezynfekcji według programu zatwierdzonego przez ministra właściwego ds. zdrowia. Zaproponowane przepisy dotyczące uzyskiwania ww. kwalifikacji w ramach kursu kwalifikacyjnego są zbieżne z przepisami Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 20 lipca 2011 r. w sprawie kwalifikacji wymaganych od pracowników na poszczególnych rodzajach stanowisk pracy w podmiotach leczniczych niebędących przedsiębiorcami (Dz.U. z 2011 r., nr 151, poz. 896) w odniesieniu do kwalifikacji wymaganych od kierowników centralnych sterylizatorni.

Przy ustalaniu przepisów w zakresie kwalifikacji osób uprawnionych do realizacji procedur czystości i dekontaminacji, uwzględniono możliwość uzyskania, po ukończeniu rocznego kształcenia w szkole policealnej, tytułu zawodowego technika sterylizacji medycznej, stosownie do rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 13 grudnia 2016 r. w sprawie klasyfikacji zawodów szkolnictwa zawodowego (Dz.U., poz. 2094) oraz rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 13 marca 2017 r. w sprawie klasyfikacji zawodów szkolnictwa zawodowego (Dz.U. poz. 622, z późn. zm.), wydanego na podstawie art. 46 ust.1 Ustawy z dnia 14 grudnia 2016 r. – Prawo oświatowe (Dz.U. z 2018 r. poz. 996, z późn. zm.).

Zmiany przewidziane w projekcie rozporządzenia

W projekcie rozporządzenia zrezygnowano z zakazu wprowadzania zwierząt do obiektów usługowych objętych projektowanym rozporządzeniem, z uwagi na regulacje prawne określone w art. 20a Ustawy z dnia 27 sierpnia 1997 r. o rehabilitacji zawodowej i społecznej oraz zatrudnianiu osób niepełnosprawnych (Dz.U. z 2018 r., poz. 511, z późn. zm.), zgodnie z którym osoba niepełnosprawna wraz z psem asystującym ma prawo wstępu do obiektów użyteczności publicznej, do parków narodowych i rezerwatów przyrody, na plaże i kąpieliska, środków transportu komunikacji publicznej. Przywołany przepis dotyczy również obiektów usługowych, takich jak salony kosmetyczne. Brak jest innych regulacji prawnych normujących obecność zwierząt w obiektach użyteczności publicznej czy obiektach usługowych. Generalną zasadą jest zakaz wstępu zwierząt do obiektów użyteczności publicznej, za wyjątkiem sytuacji gdy na taki wstęp wyraża zgodę właściciel lub zarządca biorący na siebie odpowiedzialność za utrzymanie nieruchomości w należytym stanie sanitarnohigienicznym. Zgodnie bowiem z art. 22 ust. 1 ustawy o chorobach zakaźnych (Dz.U. z 2020 r., poz. 1845, ze zm.), właściciel, posiadacz lub zarządzający nieruchomością są obowiązani utrzymywać ją w należytym stanie sanitarnohigienicznym w celu zapobiegania zakażeniom i chorobom zakaźnym.

W projektowanym rozporządzeniu zrezygnowano także z wpisywania zakazu palenia tytoniu w obiektach usługowych, ponieważ kwestia ta jest już szczegółowo uregulowana w Ustawie z dnia 9 listopada 1995 r. o ochronie zdrowia przed następstwami używania tytoniu i wyrobów tytoniowych (Dz.U. z 2018 r., poz. 1446, z późn. zm.).

Uwagi końcowe

Zgodnie z § 24 projektu rozporządzenia proponuje się, aby rozporządzenie weszło w życie po upływie 3 miesięcy od dnia ogłoszenia. Ze względu na to, że od 2012 r. nie ma przepisów dotyczących szczegółowych wymagań sanitarnohigienicznych przy świadczeniu usług fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej uznano, że konieczny jest okres umożliwiający zapoznanie się podmiotów świadczących usługi z nowymi regulacjami prawnymi, aby podmioty te podjęły stosowne działania dostosowawcze. W przepisach § 23 pkt 1 i 2 projektu rozporządzenia wskazano dodatkowo dwuletni okres, od dnia wejścia w życie projektu rozporządzenia, na uzupełnienie kwalifikacji osób świadczących usługi i chcących w swoich salonach prowadzić sterylizację wyrobów i narzędzi

wielorazowego użytku na własne potrzeby, a także na dostosowanie lub urządzenie w obiekcie stanowiska sterylizacji zgodnie z wymaganiami sanitarnohigienicznymi określonymi w § 11 ust. 5 i 6 projektowanego rozporządzenia (zapewnienie sterylizatora parowego oraz spełnienia wymagań stawianych stanowisku sterylizacji). Ponadto na wyposażenie w odpowiednią liczbę urządzeń sanitarnych pomieszczeń higienicznosanitarnych w szatniach urządzonych w obiektach, w których są świadczone usługi odnowy biologicznej, do wymagań określonych w § 18 ust. 2 projektu rozporządzenia. W przepisach § 23 projektowanego rozporządzenia przewidziano również okres 6 miesięcy od dnia wejścia w życie rozporządzenia na dostosowanie do przepisów dotyczących zapewnienia właściwej wentylacji w obiekcie.

Bibliografia

Gawron D., 2013. Wpływ zabiegów upiększających na ocenę własnego wyglądu i nastrój u kobiet w wieku średnim. Psychol. Jakości Życia 12(2), 97–110. https://doi.org/10.5604/16441796.1090783

GIS (Główny Inspektor Sanitarny), 2019. Stan sanitarny kraju w roku 2018. Stulecie służb sanitarnych w Polsce. Wyd. GIS, Warszawa. https://gis.gov.pl › 2019/09 › SSK-2018-www-1 [dostęp 29.04.2021].

Interpelacja nr 22207 w sprawie projektu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymagań sanitarno-higienicznych przy świadczeniu usług fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej, 2021, https://sejm.gov.pl/Sejm9.nsf/interpelacja.xsp?typ=INT&nr=22207 [dostęp 30.04.2021]

Kosmala A., Wilk I., Kassolik K., 2019. Wpływ makijażu na samopoczucie i samoocenę u kobiet. Piel. Zdr. Publ. 9(3), 215–220. https://doi.org/10.17219/pzp/105811

Kryczka M., Giemza A., 2020. Wpływ wiedzy z zakresu kosmetologii na determinanty wyboru salonu kosmetycznego. Kosmetol. Estet. 1(9), 151–157.

Meena M., Swapnil P., Barupal T., Sharma K., 2019. A review on infectious pathogens and mode of transmission. J. Plant Pathol. Microbiol. 10, 472. https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000472

Projekt rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie szczegółowych wymagań sanitarno-higienicznych przy świadczeniu usług fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu i odnowy biologicznej. https://www.gov.pl/web/psse-otwock/projekt-rozporzadzenia-ministra-zdrowia-w-sprawie-szczegolowych-wymagan-sanitarno-higienicznych-przy-swiadczeniu-uslug-fryzjerskich-kosmetycznych-tatuazu-i-odnowy-biologicznej [dostęp 30.04.2021]

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań sanitarnych, jakim powinny odpowiadać zakłady fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej (Dz.U. z 2004 r., nr 31, poz. 273).

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 lipca 2011 r. w sprawie kwalifikacji wymaganych od pracowników na poszczególnych rodzajach stanowisk pracy w podmiotach leczniczych niebędących przedsiębiorcami (Dz.U. z 2011 r., nr 151, poz. 896).

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 13 grudnia 2016 r. w sprawie klasyfikacji zawodów szkolnictwa zawodowego (Dz.U., poz. 2094).

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 13 marca 2017 r. w sprawie klasyfikacji zawodów szkolnictwa zawodowego (Dz.U. poz. 622, z późn. zm.).

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2018 r., poz. 1202, z późn. zm.).

Ustawa z dnia 27 sierpnia 1997 r. o rehabilitacji zawodowej i społecznej oraz zatrudnianiu osób niepełnosprawnych (Dz.U. z 2018 r., poz. 511, z późn. zm.).
Ustawa z dnia 9 listopada 1995 r. o ochronie zdrowia przed następstwami używania tytoniu i wyrobów tytoniowych (Dz.U. z 2018 r., poz. 1446, z późn. zm.).
Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz.U. z 2020 r., poz. 1845, ze zm.).
Ustawa z dnia 14 grudnia 2016 r. – Prawo oświatowe (Dz.U. z 2018 r. poz. 996, z późn. zm.).

Streszczenie. W pracy przedstawiono wymagania sanitarno-higieniczne obowiązujące w gabinetach kosmetycznych. Podana została podstawa prawna oraz cel wprowadzenia nowego rozporządzenia w sprawie szczegółowych wymagań sanitarnych, jakim powinny odpowiadać zakłady fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej. Omówione zostały wymagania dotyczące lokalu i pomieszczeń wchodzących w skład obiektu, w którym są świadczone usługi, a także informacje dotyczące wyposażenia obiektu w instalacje, wentylację czy sposób gromadzenia odpadów. Ponadto w pracy zawarto najważniejsze standardy higieniczne świadczenia usług obowiązujące w gabinecie kosmetycznym, w tym dotyczące dekontaminacji i sterylizacji.

Słowa kluczowe: wytyczne sanitarno-higieniczne, gabinet kosmetyczny, podstawa prawna

Wykorzystanie prądu w aparaturze gabinetu kosmetycznego

Agnieszka Buczaj[1]✉, Anna Pecyna[1], Zbigniew Kobus[1]

Elementem wyposażenia współczesnego gabinetu kosmetycznego jest aparatura kosmetyczna. Dzięki zastosowaniu specjalistycznej aparatury kosmetolog może wykonywać różnorodne zabiegi upiększające oraz lecznicze. Sprzęt wykorzystywany w gabinetach kosmetycznych pozwala zarówno na wykonywanie zabiegów zarówno na twarzy, jak i na całym ciele.

Aparaty stosowane w kosmetyce, stanowiące podstawowe wyposażenie gabinetu kosmetycznego, to najczęściej: lampa bezcieniowa z lupą, lampa sollux, lampa Wooda, aparat do nawilżania twarzy (wapozon), aparat do mikrodermabrazji, aparat do ultradźwięków, aparat do galwanizacji, aparat do darsonwalizacji, aparat do jonoforezy, sterylizator, autoklaw.

Aparatura stosowana w gabinetach kosmetycznych wykorzystuje różne bodźce fizykalne. W zależności od zasady działania aparatu czynnikiem działającym na skórę mogą być ultradźwięki, światło, pole magnetyczne, prąd czy fale radiowe [Wesołowska i in. 2017a, 2017b, 2017c, Gemza i in. 2018]. W gabinetach kosmetycznych wykorzystuje się pojedyncze aparaty, zestawy złożone z kilku aparatów lub wielofunkcyjne urządzenia, tzw. kombajny kosmetyczne.

Wykorzystanie prądu w aparaturze kosmetycznej

Aparatura stosowana w gabinetach wykorzystuje często działanie prądu na organizm i tkanki ciała. We współczesnej kosmetologii zabiegi elektroterapii stały się nieodłącznym elementem większości zabiegów kosmetycznych. Także transport substancji biologicznie aktywnych przez skórę może być wspomagany poprzez wykorzystanie różnych metod fizykalnych, np. impulsów elektrycznych w procesie elektroporacji czy jonoforezy [Wolski 2019].

Prąd elektryczny to uporządkowany ruch ładunków elektrycznych. Rolę nośników prądu spełniają jony dodatnie (kationy) oraz jony ujemne (aniony). Warunkiem przepływu prądu jest zamknięcie obwodu, czyli zastosowanie dwóch

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Podstaw Techniki, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
✉ agnieszka.buczaj@up.lublin.pl

elektrod o przeciwnym potencjale: biegun dodatni, czyli anoda (+); biegun ujemny, czyli katoda (–). Jony dodatnie (+) dążą do katody (–), natomiast jony ujemne (–) dążą do anody (+).

Do opisu prądu elektrycznego stosowane są cztery najważniejsze jednostki miary: napięcie, opór, natężenie i moc. Napięcie to siła elektromotoryczna powstająca na skutek różnicy potencjałów między katodą a anodą. To właśnie napięcie umożliwia przepływ prądu elektrycznego. Im większa jest różnica ładunków między biegunami, tym więcej elektronów przepływa przez przewodnik elektryczny. Różnica ładunków nazywana jest także napięciem. Jednostką napięcia jest wolt (V). Natomiast natężenie to siła prądu, czyli ilość elektryczności jaka przepływa przez przekrój przewodnika w ciągu jednej sekundy. Natężenie prądu zależy od napięcia i oporu. Im więcej elektronów przepłynie w określonym czasie przez przewodnik elektryczny, tym większe jest natężenie prądu. Jednostką natężenia prądu jest amper (A). Praca, jaką prąd elektryczny może wykonać w określonym czasie, to moc, której miarą jest wat (W).

Wyróżnia się dwa rodzaje prądu: stały i zmienny, które różni kierunek przepływu prądu oraz natężenie. Prąd elektryczny, który w czasie swojego przepływu nie zmienia kierunku oraz wartości natężenia, to prąd stały. W prądzie stałym strumień elektronów zawsze przepływa od bieguna ujemnego do dodatniego.

Prąd stały dzieli się na prąd o stałej wartości skutecznej oraz impulsyjny. Prąd o stałej wartości skutecznej przepływa w jednym kierunku i jest nieprzerywany oraz ma cały czas to samo napięcie. Jeśli przepływ prądu stałego jest przerywany w określonych odstępach czasu, to mówimy o prądzie impulsowym. Prąd impulsowy, to przerywany prąd stały, którego działanie można porównać z małymi uderzeniami prądu i dlatego zabiegi z użyciem prądu impulsowego zalicza się do zabiegów prądami wzbudzającymi. W odróżnieniu do prądu stałego w prądzie zmiennym kierunek przepływu elektronów cały czas się zmienia, czego przyczyną jest częsta zmiana biegunowości.

Oddziaływanie prądu na organizm człowieka zależy od tego, czy jest to prąd stały, czy zmienny. Działanie prądu impulsowego zależy od tego, jak często jest on przerywany. Natomiast w przypadku użycia prądu zmiennego jego oddziaływanie zależy od tego, jak często zmienia się jego biegunowość. Częstotliwość tych zmian określa się w hercach (Hz), a zakres częstotliwości prądu ma określony wpływ na organizm człowieka [Peters 2012]. Wyróżnia się trzy zakresy częstotliwości: małą, średnią i wysoką.

Pod względem częstotliwości prądy dzieli się na:

– prądy stałe (częstotliwość 0 Hz),

– prądy niskiej częstotliwości (1–1000 Hz),
– prądy średniej częstotliwości (1000–100 000 Hz),
– prądy wielkiej częstotliwości (ponad 100 000 Hz).

Prąd o stałej wartości skutecznej i częstotliowści 0 Hz wykorzystuje się w kosmetyce do zabiegów takich jak: galwanizacja, jonoforeza, termoforeza, elektroforeza, dezinkrustacja.

Z prądów niskiej częstotliwości dla kosmetyki znaczenie mają prądy o częstotliwości do 100 Hz. Prąd o niskiej częstotliwości ma działanie elektrolityczne lub jonoforetyczne. W kosmetyce stosuje się go w zabiegach prądami wzbudzającymi z prądem impulsowym. Prądy niskiej częstotliwości (1–100 kHz) pobudzają układ nerwowy. Wysoką częstotliwość mają prądy zmienne o wysokim napięciu. Prądy wysokiej częstotliwości intensywnie rozgrzewają, a w odróżnieniu od prądów niskiej i średniej częstotliwości nie działają pobudzająco. Prądy wysokiej częstotliwości wykorzystuje się w zabiegach koagulacji i epilacji [Peters 2012, Zychowicz 2006].

Wykorzystanie prądu stałego

Prąd stały wykorzystuje się w kosmetyce do zabiegów takich jak: galwanizacja, jonoforeza, termoforeza, elektroforeza, dezinkrustacja Zabieg galwanizacji polega na wykorzystaniu samego prądu stałego, a podczas pozostałych zabiegów wprowadza się różne substancje czynne do górnych warstw skóry [Peters 2012, Zychowicz 2006].

Podczas wszystkich zabiegów z prądem stałym wykorzystuje się dwa różnie naładowane bieguny, czyli elektrody, co powoduje zamknięty obieg prądu. Występują dwa rodzaje elektrod – dodatnia i ujemna. Ponadto wyróżnia się także elektrody czynne i bierne (przeciwelektroda), które mogą być zarówno katodami, jak i anodami, ponieważ możemy zmieniać bieguny przy elektrodach. Ponieważ elektrody mają różne oddziaływanie na organizm, wybór uzależniony jest od oczekiwanego efektu terapeutycznego.

Działanie prądu stałego na organizm:
- znaczne i długotrwałe przekrwienie tkanek na skutek rozszerzenia naczyń krwionośnych i wydzielenia substancji histaminopodobnych;
- rozszerzenie naczyń limfatycznych;
- przyspieszenie przemiany materii;
- działanie znieczulające i kojące na zakończenia nerwów czuciowych oraz zwiększające pobudliwość i tonizujące na nerwy ruchowe;
- działanie przeciwzapalne;

- przyspieszenie regeneracji uszkodzonych nerwów;
- podwyższenie tonusu mięśni;
- przyspieszenie procesów regeneracyjnych (proliferacja komórek nabłonka i odnowa tkanki łącznej – szybsze gojenie ran i owrzodzeń);
- działanie przeciwbólowe – silniejsze pod anodą.

Jedną z najstarszych form użycia prądu stałego w kosmetyce jest galwanizacja. Nazwa pochodzi od nazwiska włoskiego lekarza, Luigiego Galvaniego (1737–1798), który prowadził badania nad fizjologią mięśni. Galwanizacja jest zabiegiem polegającym na przepływie prądu stałego przez tkanki pomiędzy dwiema elektrodami. Wysyłany do ciała prąd powoduje zwiększenie przepuszczalności błon. Galwanizację wykonuje się za pomocą prądu stałego – galwanicznego, który w czasie swego przepływu nie zmienia kierunku ani natężenia. Prąd galwaniczny nie powoduje skurczu mięśni szkieletowych. Galwanizacja działa pobudzająco na nerwy ruchowe oraz kojąco na nerwy czuciowe. Galwanizacja w kosmetyce stosowana jest zarówno na twarz, jak i na ciało. Uelastycznia, wygładza, odżywia, regeneruje skórę oraz zwęża pory. Zabieg galwanizacji wspomaga leczenie trądziku, odmrożeń, spowalnia proces starzenia skóry, zwalcza rozstępy i cellulit [Peters 2012, Zychowicz 2006].

W gabinetach kosmetycznych wykorzystuje się elektrody, które stykają się z wilgotną skórą, w wyniku czego następuje przekrwienie, podrażnienie układu nerwowego oraz zaktywizowanie mięśni do pracy, przez co stają się one bardziej napięte i poprawiają wygląd twarzy. Podczas zabiegu przepływający przez tkanki prąd stały wywołuje w nich reakcje elektrochemiczne, elektrokinetyczne, elektrotermiczne, reakcje nerwów i mięśni na prąd stały oraz odczyn ze strony naczyń krwionośnych.

W zależności od tego, jaką elektrodą pracujemy jako elektrodą czynną, zachodzą odpowiednie zmiany w komórkach i uzyskuje się zróżnicowane oddziaływanie na organizm. W miejscu przyłożenia katody dochodzi do łatwiejszego przechodzenia jonów do wnętrza komórki na skutek rozluźnienia spoistości błony komórkowej. Powstaje wtedy stan wzmożonej pobudliwości na wszelkie bodźce. Działanie elektrody ujemnej wykorzystuje się w lecznictwie do utrzymania napięcia mięśni częściowo odnerwionych. Na skutek zwiększenia różnicy potencjałów po obu stronach błony komórkowej potencjał spoczynkowy pogłębia się. W związku z tym także zostaje zwolniona zdolność przewodzenia bodźców. Działanie anody wykorzystywane jest w lecznictwie przy przewlekłym zapaleniu nerwów, w bólach mięśniowych, bólach głowy i nerwobólach różnego pochodzenia. Znieczulające działanie anody polega na obniżeniu stanu napięcia nerwów sympatycznych, które uczestniczą w przewodzeniu bólu. Do uzyskania tego działania stosuje się prąd galwaniczny o słabym natężeniu (wysokie natę-

żenie może być silnym bodźcem drażniącym, podobnie jak działanie katody) [Wróblewska i in. 2013].

Tabela 1. Porównanie działania anody i katody

Anoda	Katoda
Spadek pH (odczyn kwaśny)	Wzrost pH (odczyn zasadowy)
Zmniejszenie pobudliwości tkanki – anelektrotonus	Zwięszenie pobudliwości tkanki – katelektronus
Spadek napięcia mięśniowego	Wzrost napięcia mięśniowego
Mierne zaczerwienienie skóry	Intensywne zaczerwienienie skóry
Lekkie odwodnienie skóry	Lekki obrzęk skóry

Oprac. na podst: Wróblewska i in. 2013.

Galwanizację anodową stosujemy po zabiegu kosmetycznego oczyszczania twarzy (działa bakteriobójczo), przy rozszerzonych porach skóry, przy rozszerzonych naczyniach krwionośnych. Wskazaniem są również: trądzik różowaty, teleangiektazje, nerwica naczyniowa skóry, nadmierny łojotok skóry. Natomiast wskazaniem do zastosowania galwanizacji katodowej są: skóra „ziemista", skóra słabo ukrwiona, skóra słabo odżywiona, skóra słabo dotleniona, skóra dojrzała, przed nałożeniem masek kosmetycznych, odmroziny, odmrożenia.

Ryc. 1. Aparat do galwanizacji. Źródło: https://newfacebeauty.pl/urzadzenie-do-galwanizacji-h2401

Elektrody wykorzystywane podczas galwanizacji mogą mieć różny kształt i wielkość (ryc. 2). Do wykonania zabiegu galwanizacji używa się następujących elektrod:

a) elektrody płaskie – cynowe, węglowe, silikonowe,

b) elektrody specjalne – często stosowane w kosmetologii, tam gdzie obszar wykonywanego zabiegu jest stosunkowo mały. Szczególnie przydatne podczas wykonywania zabiegów na okolicę twarzy. Producenci sprzętu kosmetycznego stworzyli elektrody, których wielkość jest dostosowana do miejsca zabiegowego [Peters 2012, Wróblewska i in. 2013]. Wyróżnia się tu:

– elektrody dyskowe (stosowane na okolice gałek ocznych, uszu),
– elektrody wałeczkowe (stosowane w galwanizacji labilnej),
– elektrody typu Bergoniego, tzw. Półmaska

a)

b)

Ryc. 2. Elektrody w aparacie do galwanizacji i jonoforezy a) elektrody specjalne – kulkowa, rolka, stożek, talerzyk; b) elektroda specjalna – maska Bergoniego. Źródło: www.biomak.pl

Organizm człowieka składa się w dużej mierze z płynów, w skład których wchodzi woda i cząsteczki o ładunkach elektrycznych, dlatego przewodzi prąd. Przewodzenie prądu w organizmie człowieka jest zróżnicowane, ponieważ poszczególne organy oraz części ciała zawierają różne ilości płynów. W organizmie człowieka największe przewodnictwo wykazuje płyn mózgowo-rdzeniowy, krew, limfa, mięśnie, tkanka łączna, wątroba. Natomiast największy opór stawiają warstwa rogowa, tkanka tłuszczowa oraz tkanka kostna. Przewodzenie prądu przez skórę zależy od jej wilgotności. W celu zmniejszenia oporu naskórka i ułatwienia przepływu prądu przez skórę zabiegi wykonuje się na mokrej skórze lub stosuje się specjalne płyny i ampułki, a elektrody stosowane do zabiegu muszą być zabezpieczone podkładami nasączonymi wodą lub roztwo-

rem soli fizjologicznej. Należy pamiętać, że nie wolno przyłożyć samej elektrody do ciała, gdyż grozi to poparzeniem [Zychowicz 2006, Wróblewska i in. 2013].

W trakcie wykonywania zabiegu można stosować zmienne dawki natężenia prądu stałego, które zależą od powierzchni elektrody czynnej, czasu trwania zabiegu, okolicy zabiegu oraz wrażliwości osobniczej. Zabieg nie może wywoływać bólu i pieczenia, dlatego należy uwzględnić również subiektywne odczucie pacjenta. Wyróżnia się następujące dawki natężenia prądu stałego:

– dawka słaba – od 0,01 do 0,1 mA/cm^2 powierzchni czynnej elektrody,
– dawka średnia – do 0,3 mA/cm^2 powierzchni czynnej elektrody,
– dawka mocna – do 0,5 mA/cm^2 powierzchni czynnej elektrody.

W większości urządzeń przyjmuje się dawki natężenia od 0 do 2 mA na twarz oraz od 2 do 10 mA na ciało [Wróblewska i in. 2013].

Przed zabiegiem galwanizacji należy pamiętać o przeprowadzeniu wywiadu z pacjentem, ponieważ istnieją przeciwwskazania do jego wykonywania. Dzielą się one na:

a) przeciwwskazania bezwzględne: nowotwory oraz okres 5 lat od chwili wyleczenia, ciąża, epilepsja, niewyrównana cukrzyca, gruźlica, zakrzepowe zapalenie żył i tętnic, żylaki, ostre stany zapalne w przebiegu chorób układowych, ogólne wyniszczenie organizmu, choroba niedokrwienna mięśnia sercowego, ekstrakcja zęba, stany ropne okołozębowe, stany ropne migdałów, stany gorączkowe, porażenia spastyczne, skazy krwotoczne, wszczepiony rozrusznik serca, metalowe implanty znajdujące się na drodze przepływu prądu, rozległe uszkodzenia skóry w miejscu zabiegowym, ropne, wirusowe, grzybiczne stany zapalne skóry w miejscu zabiegowym, uczulenie na prąd galwaniczny, pogorszenie stanu pacjenta po wykonanym zabiegu, brak czucia, klaustrofobia w przypadku używania maski Bergoniego (maska na całą twarz), kolczyk w języku,

b) przeciwwskazania względne: choroby psychiczne, trądzik pospolity, skłonność do krwawień z przewodu pokarmowego, wkładki domaciczne, nieustabilizowane nadciśnienie tętnicze [Zychowicz 2006, Wróblewska i in. 2013].

Bardzo podobnym do galwanizacji zabiegiem jest jonoforeza. Ona także wykorzystuje prąd stały, jednak zasadnicza różnica między tymi rodzajami terapii polega na tym, że galwanizacja skupia się na samym działaniu prądu na organizm, podczas gdy jonoforeza służy skuteczniejszemu wprowadzeniu substancji aktywnych leku w zmienione chorobowo miejsce.

Jonoforeza jest zabiegiem elektroleczniczym wykonywanym przy użyciu prądu stałego, podczas którego wprowadza się do tkanki jony o właściwościach leczniczych, znajdujące się w preparatach kosmetycznych i lekach. Do jonoforezy należy stosować preparaty, które ulegają dysocjacji elektrolitycznej w wo-

dzie, dlatego niezbędna jest znajomość czynnych składników używanych preparatów [Zychowicz 2006, Peters 2012, Wróblewska i in. 2013, Wolski 2019].

Aby wprowadzić jony danego leku o określonym znaku należy umieścić podkład nasycony roztworem leku pod odpowiednią elektrodą. Jony dodatnie wprowadza się po ułożeniu podkładu z lekiem pod anodą, a jony ujemne po ułożeniu podkładu z lekiem pod katodą.

Na skuteczność zabiegu jonoforezy ma wpływ rodzaj kosmetyku lub leku, jaki został zastosowany (musi ulegać dysocjacji elektrolitycznej), stężenie preparatu (zazwyczaj nie przekracza się 1–2%), wartość natężenia prądu stałego, czas zabiegu, wielkość powierzchni elektrody czynnej oraz właściwości fizyczne skóry zależne od stopnia uwodnienia i ukrwienia skóry, która jest bardziej przepuszczalna dla kationów niż dla anionów.

Podstawowymi wskazaniami kosmetycznymi do wykonania zabiegu jonoforezy są rozszerzone naczynia włosowate, trądzik różowaty, trądzik pospolity, zwiotczenia skóry, zwiotczenia mięśni, blizny.

Przeciwwskazania do przeprowadzenia zabiegu są tożsame z tymi, jakie wymienia się przy zabiegu galwanizacji. Dodatkowym czynnikiem może być uczulenie na preparat, który zamierzamy wprowadzić do skóry. Dlatego przed rozpoczęciem zabiegu należy wykonać próbę uczuleniową na przedramieniu, a następnie odczekać 24 godziny do jej odczytania. Zabieg jonoforezy stabilnej oraz labilnej wykonuje się podobnie jak zabieg galwanizacji. Należy pamiętać, aby na twarz klienta oraz na podkład przeznaczony do elektrody czynnej rozprowadzić preparat, który będzie wprowadzany w głąb skóry.

W przypadku podgrzewania elektrod podczas jonoforezy mamy do czynienia z termoforezą. Elektroforeza natomiast polega na wprowadzaniu w górne warstwy naskórka substancji składowych maści. Dezinstrukcja natomiast polega na wprowadzaniu substancji czynnych z preparatów do zrogowaciałych warstw naskórka oraz do gruczołów łojowych i potowych z wykorzystaniem prądu stałego [Peters 2012].

Kolejnym zabiegiem przy użyciu prądu stałego jest elektroliza. Pod wpływem prądu stałego w tkankach zachodzą zjawiska elektrochemiczne. Podczas zabiegu używane są 2 elektrody: płytkowa (elektroda bierna) i elektroda czynna igłowa. Elektroliza galwaniczna jest jedną z metod epilacji. Stosuje się ją również do usuwania brodawek, naczyniaków gwiaździstych oraz rozszerzonych naczynek krwionośnych [Peters 2012].

Prąd zmienny wysokiej częstotliwości

Darsonwalizacja jest zabiegiem, w którym wykorzystywany jest prąd zmienny wielkiej częstotliwości. Nazwa aparatu do darsonwalizacji pochodzi od nazwiska jego wynalazcy – Jacques'a-Arsene'a d'Arsonvala – który był francuskim lekarzem, fizjologiem i fizykiem żyjącym w latach 1851–1940. Prądy d'Arsonvala mają przebieg fali gasnącej o krótkim czasie trwania impulsu, po czym następuje około 500 razy dłuższa przerwa. Dzięki zmniejszającemu się przebiegowi fali elektromagnetycznej i długimi przerwami pomiędzy nimi wytwarzana jest mała ilość ciepła w tkankach. Działanie prądów opiera się głównie na ich wpływie na naczynia krwionośne oraz zakończenia nerwowe w skórze, co nie powoduje przy tym pobudzania nerwów ani mięśni. Zakres częstotliwości w przypadku tych prądów wynosi 300–500 kHz [Zychowicz 2006, Peters 2012, Wróblewska i in. 2013].

Do zabiegu używane są specjalne peloty – szklane lub wypełnione zjonizowanym gazem (najczęściej freonem) elektrody próżniowe [Wróblewska 2013]. Podczas zabiegu wytwarza się ozon, który ma działanie dezynfekujące, grzybobójcze, bakteriobójcze oraz wirusobójcze. Niszczy on struktury enzymatyczne mikroorganizmów. Podczas zetknięcia ze skórą powoduje iskrzenie w kolorze uzależnionym od rodzaju gazu wypełniającego pelotę, np. pelota wypełniona powietrzem iskrzy na fioletowo, a ksenonem – na czerwono. Klient może wtedy odczuwać delikatne drapanie lub łaskotanie. Pelota może przylegać bezpośrednio do skóry lub znajdować się w pewnej odległości od niej, przez co uzyskuje się efekt tak zwanego „deszczu iskier" o silnym działaniu pobudzającym.

Najbardziej popularną i najczęściej stosowaną w zabiegach pelotą jest pelota grzybkowa, wykorzystywana do darsonwalizacji i przy odkażaniu całej twarzy. Kolejną jest pelota grzebieniowa, którą stosuje się w zabiegach przeprowadzanych m.in. blisko granicy skóry owłosionej głowy czy we włosach. Następną jest pelota łukowa, która znajduje zastosowanie w zabiegach prowadzonych na większych partiach skóry, takich jak czoło, broda, żuchwa czy ramiona. Z kolei pelotę z przepustem wykorzystuje się do mocnego, punktowego działania na małe partie skóry. Na pojedyncze małe miejsca stosowana jest również pelota punktowa.

Ryc. 3. Peloty stosowane w aparatach do darsonwalizacji.
Źródło: https://modnakaja.pl/pl/peloty-do-darsonval-komplet-4szt.html

Wskazaniami do wykonywania zabiegu darsonwalizacji jest leczenie nerwobóli, zaburzenia czucia, świąd, odmrożenia, odmroziny, łupież, tłusta cera, łojotok skóry twarzy i głowy, trądzik pospolity, łysienie plackowate, zwiotczała cera, słabo odżywiona cera. Stosowana jest także w celu pobudzenia ukrwienia, jako masaż elektryczny twarzy, po zabiegu kosmetycznego oczyszczania twarzy, przed i po pedicure (szczególnie, gdy występuje nadpotliwość), przed depilacją (zmniejsza zapalenie mieszków włosowych), przy wykonywaniu makijażu permanentnego.

Przeciwwskazaniami do zabiegu są: trądzik różowaty, teleangiektazje, stany alergiczne skóry, uszkodzenia i rany skóry, stany zapalne skóry. Dodatkowo przy przeprowadzaniu zabiegu należy zachować szczególną ostrożność w wypadku klientów o bardzo wrażliwej i skłonnej do podrażnień skórze [Zychowicz 2006, Wróblewska 2013].

Prąd zmienny o wysokiej częstotliwości i niskim napięciu wykorzystywany jest do zabiegu termolizy. Prąd ten wytwarza wysoką temperaturę niszczącą mieszki włosowe, przez co stosuje się go do elektroepilacji [Peters 2013]. Prąd zmienny wysokiej częstotliwości wykorzystywany jest także do zabiegów elektrokoagulacji [Goliszewska i in. 2010].

Obecnie bardzo popularne stały się zabiegi odmładzające z zakresu elektroterapii, podczas których wykorzystywane jest pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej, w nomenklaturze kosmetycznej określane jako fale radiowe. Częstotliwość fal radiowych stosowanych podczas zabiegów kosmetycznych mieści się w zakresie od 1 MHz do 6–7 MHz. Podczas zabiegu wykorzystane

jest zjawisko oddziaływania pola elektromagnetycznego generowanego prądem wysokiej częstotliwości. Fale radiowe mogą być stosowane podczas zabiegów odmładzania (ujędrniania) skóry twarzy, powiek, powłok brzusznych, pośladków, skóry ramion oraz modelowania sylwetki [Wnuk i in. 2010, Boisnic i in. 2014, Fijałkowska i in. 2014, Wesołowska i in. 2017, Gemza i in. 2018].

Wykorzystanie prądu niskich częstotliwości

Prąd o małej częstotliwości 0–50 Hz wykorzystywany jest w kosmetyce w urządzeniu Ionto Skin Regulator. Dzięki użyciu elektrody między rękoma kosmetologa a ciałem klienta podczas zabiegu tworzy się mocno pulsujące pole elektrostatyczne, dające się odczuć jako wibracje i pompowanie. Zastosowanie prądu o częstotliwości 0–50 Hz poprawia przepływ krwi oraz limfy, usuwane są zastoje i napięcia tkanki łącznej, skóra staje się promienna, świeża i zaróżowiona [Wróblewska i in. 2013]. Przykładowe zabiegi to drenaż limfatyczny, masaż uspokajający, zabieg senso-membrana (wprowadzenie preparatów aktywnych do skóry klienta dzięki polu elektrostatycznemu) [https://akademiaurodywroclaw.pl/ionto-skin-regulator/].

Prądy wzbudzające/impulsowe

Zastosowanie prądów wzbudzających opiera się na wykorzystaniu impulsów prądu stałego (impulsowego) lub zmiennego (interferencyjnego). Celem tych zabiegów jest pobudzenie i ożywienie lub odwrotnie – osłabienie i uspokojenie procesów zachodzących w organizmie. Prądy wzbudzające wpływają na krążenie krwi i limfy oraz na układ mięśniowy i nerwowy [Peters 2012]. Pobudzona przez to zostaje przemiana materii, a to prowadzi do likwidacji nadmiernego tłuszczu i pomaga w redukcji cellulitu. Prądy wzbudzające mogą prowadzić naprzemiennie do skurczu mięśni i ich rozluźnienia.

W kosmetyce stosuje się prądy impulsowe o niskiej częstotliwości od 10 do 120 Hz i różnym kształcie impulsu. Działają one pobudzająco na przemianę materii, przepływ krwi i układ mięśniowy. Za pomocą aparatu do prądu impulsowego między dwiema elektrodami wytwarzany jest przerywany (impulsowy) w regularnych odstępach strumień prądu. Elektrody muszą być mokre, aby umożliwić przepływ prądu między nimi a organizmem człowieka [Zychowicz 2006, Peters 2012].

Zabieg wykorzystujący prąd impulsowy nazywa się elektrostymulacją. W zabiegu elektrostymulacji dochodzi do skurczu mięśni w wyniku działania prądów impulsowych. W kosmetyce elektrostymulację stosuje się do zmniejszenia obwodów ciała (poprawa proporcji figury), redukcji cellulitu, regeneracji tkanek, relaksacji, ujędrniania i uelastyczniania skóry, mięśni, zmniejszenia rozstępów, zwiększenia siły i wytrzymałości mięśni, zwiększenia lub zmniejszenia tonusu mięśniowego, zmniejszenia obrzęków [Zychowicz 2006].

Zastosowanie w kosmetyce coraz częściej mają także prądy o średniej częstotliwości (1000–10000 Hz), które lepiej przenikają w głąb tkanki i nie wywołują nieprzyjemnych wrażeń bólowych [Goliszewska i in. 2010].

Zabiegi z wykorzystaniem prądów interferencyjnych, czyli dwóch krzyżujących się prądów niezaliczanych do prądów wzbudzających, polega na dostarczeniu ich do organizmu w oddzielnych obwodach elektrycznych. Prąd interferencyjny nie jest dostarczany przez urządzenie kosmetyczne, tylko powstaje w wyniku przemiany częstotliwości prądów przemiennych dostarczanych do organizmu.

Prądy interferencyjne są to prądy średniej częstotliwości, modulowane w amplitudzie z małą częstotliwością. Powstają w wyniku nakładania się w tkankach dwóch prądów przemiennych średniej częstotliwości o przebiegu sinusoidalnym, których częstotliwości mało różnią się od siebie [http://www.cabines.pl/artykuly/487/prady-interferencyjne-w-zabiegach-kosmetycznych.html]. W terapii wykorzystuje się prądy o częstotliwościach ok. 4000 Hz, np. 4000 Hz i 4100 Hz. W wyniku nakładania się tych prądów na organizm działa prąd zmienny o częstotliwości 1–100 Hz [Peters 2012].

Prądy interferencyjne mają szerokie zastosowanie w kosmetyce. Impulsy prądu interferencyjnego działają na układ mięśniowy, nerwowy, krążenie krwi i limfy oraz przemianę materii. Działają przeciwbólowo, stymulująco i tonizująco, regulują zaburzenia układu nerwowego. Prądy interferencyjne w kosmetyce wykorzystuje się do: liftingu, usuwania cellulitu, stymulacji mięśni twarzy, tonizacji powłok skórnych i mięśni twarzy, miejscowego usuwania tkanki tłuszczowej (np. byczy kark), wzmacniania mięśni prostych brzucha, wzmacniania mięśni stóp (zapobieganie płaskostopiu), zmniejszania obrzęków okołostawowych, poprawy krążenia obwodowego, regeneracji mięśni po wysiłku (odprowadzanie metabolitów) [Zychowicz 2006, Peters 2012].

Mikroprądy

Mikroprądy są wykorzystywane do elektrostymulacji prądem o natężeniu mikroamperów nie przekraczającym 1 mA (rzędu 10–800 μA) i małej amplitudzie. Stymulacja prądem elektrycznym o natężeniu kilku mikroamperów i niskim napięciu (60 V) działa regenerująco na tkanki, uśmierza ból i wspomaga gojenie się ran. Zaletą tej metody jest to, że można zmienić polaryzację, co umożliwia wykonywanie stymulacji elektrodą dodatnią, ujemną lub stymulację dwubiegunową. Stymulacja elektrodą dodatnią zalecana jest w zespołach bólowych, elektrodą ujemną jest wykorzystywana w rozpuszczaniu złogów, do pobudzania. Stymulację dwubiegunową można stosować zawsze, najczęściej pod koniec zabiegu [Zychowicz 2006].

Ponieważ terapia mikroprądami wykorzystująca pulsacyjny prąd stały o niskim natężeniu charakteryzuje się bardzo niską (do 1 mA) amplitudą prądu, jest nieodczuwalna przez pacjenta w czasie stymulacji. Prądy o takiej wielkości wytwarzane są również przez komórki człowieka, dlatego są praktycznie niewyczuwalne, gdyż nie są w stanie pobudzić nerwów czuciowych (działanie podprogowe). Impulsy są intensywne, relaksujące i nie wywołują dyskomfortu u pacjenta. Mikroprądy zwane są również przerywanym prądem stałym o niskim natężeniu, o seriach impulsów modulowanych w kształcie sinusoidalnym lub prostokątnym [https://biomak.eu/pl/n/76].

Mikroprądami możemy wprowadzać do skóry składniki odżywcze, witaminy, mikroelementy. Mikroprądy aktywizują procesy regeneracji skóry zachodzące na poziomie komórkowym. Taka metoda elektrostymulacji efektywnie pobudza odbudowę włókien kolagenu i elastyny, ujędrnia i wygładza skórę oraz usprawnia wydalanie toksyn wraz z nadmiarem wody. Zabiegi można wykonywać na twarz, biust, brzuch, pośladki, uda. W kosmetyce estetycznej stosuje się mikroimpulsy, aby polepszyć wygląd, poprawić sylwetkę, wygładzić skórę, zmniejszyć rozszerzone pory, zredukować zmarszczki, zwiększyć produkcję kolagenu i uelastycznić mikrowłókna, zmniejszyć rozstępy i ujędrnić ciało. W efekcie stosowania mikroprądów skutecznie oddziałujemy na zmarszczki i bruzdy (czołowe, okołonosowe), luźny owal twarzy, worki i cienie pod oczami, ujędrniając skórę twarzy i poprawiając jej elastyczność. Przeciwwskazaniami są rozrusznik serca oraz ciąża [Zychowicz 2006].

Podsumowanie

Aparaty kosmetyczne są stosowane w gabinetach kosmetycznych do wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych lub wspomagających leczenie. Użycie aparatury kosmetycznej wykorzystującej działanie fizykalnego bodźca, jakim jest prąd, służy polepszeniu optymalnego efektu zabiegów kosmetycznych. Urządzenia te są obecnie podstawowym wyposażeniem gabinetów kosmetycznych. Coraz częściej docenia się je w kosmetologii i łączy z aparatami, których działanie opiera się na wykorzystaniu innych bodźców, tworząc tzw. kombajny kosmetyczne.

Bibliografia

Boisnic S., Branchet M.C., 2014. *Ex-vivo* study of hybrid energy technology using a human skin model. Eur. J. Dermatol. 24(1), 46–52. http://doi.org/10.1684/ejd.2013.2233

Fijałkowska M., Gałązka A., Antoszewski B., 2014. Ocena skuteczności zabiegów z wykorzystaniem fal radiowych. Pol. J. Cosmetol. 3, 257–260.

Gemza K., Surgiel-Gemza A., 2018. Zastosowanie bipolarnej radiofrekwencji mikroigłowej w kosmetologii, ze szczególnym uwzględnieniem redukcji blizn potrądzikowych. Kosmetol. Estet. 7(6), 695–690.

Goliszewska A., Gromek M., Padlewska K., Smolińska M., Sobolewska E., Witkowska D., 2010. Kosmetologia pielęgnacyjna. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zawodowej Kosmetyki i Pielęgnacji Zdrowia w Warszawie, Warszawa.

http://www.cabines.pl/artykuly/487/prady-interferencyjne-w-zabiegach-kosmetycznych.html

https://akademiaurodywroclaw.pl/ionto-skin-regulator/

https://biomak.eu/pl/n/76

https://modnakaja.pl/pl/peloty-do-darsonval-komplet-4szt.html

https://newfacebeauty.pl/urzadzenie-do-galwanizacji-h2401

Peters I.B., 2012. Kosmetyka. Podręcznik do nauki zawodu. Poradnik. Wydawnictwo Stam Rea, Warszawa.

Wesołowska J., Iwan-Ziętek I., Mosiejczuk H., Kemicer-Chmielewska E., Marchlewicz M., 2017a. Zastosowanie wybranych bodźców fizykalnych podczas profesjonalnych zabiegów kosmetologicznych. Część I. Prąd galwaniczny jako czynnik wspomagający przezskórny transport substancji aktywnych zawartych w profesjonalnych preparatach kosmetycznych. Pomeranian J. Life Sci. 63(1), 50–53.

Wesołowska J., Iwan-Ziętek I., Mosiejczuk H., Kemicer-Chmielewska E., Marchlewicz M., 2017b. Zastosowanie wybranych bodźców fizykalnych podczas profesjonalnych zabiegów kosmetologicznych. Część II. Fale ultradźwiękowe. Pomeranian J. Life Sci. 63(2), 44–48.

Wesołowska J., Iwan-Ziętek I., Mosiejczuk H., Kemicer-Chmielewska E., Marchlewicz M., 2017c. Zastosowanie wybranych bodźców fizykalnych podczas profesjonalnych zabiegów kosmetologicznych. Część III. Prąd niskiej częstotliwości i fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej jako alternatywa inwazyjnych zabiegów z zakresu medycyny estetycznej. Pomeranian J. Life Sci. 63(3), 48–51.

Wnuk I., Bieńkowska M., 2010. Radiofrekwencja – energia odmładzająca skórę. CX News 4(34). http://www.cxnews.pl/radiofrekwencja-energia--odnawiajaca-skore,300.html

Wolski T., Kędzia B., 2019. Farmakoterapia skóry. Cz. 2. Przenikanie substancji przez skórę. Post. Fitoter. 20(2), 154–158. https://doi.org/10.25121/PF.2019.20.2.154

Wróblewska I., Maj J., Chilicka-Jasionowska K., 2013. Aparatura kosmetyczna i metodyka zabiegów. Państwowa Medyczna Wyższa Szkoła Zawodowa w Opolu, Opole.
www.biomak.pl
Zychowicz B., 2006. Technik usług kosmetycznych. Wykorzystanie prądu w kosmetyce. Wyd. Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom.

Streszczenie. Urządzenia wykorzystujące prąd podczas zabiegów kosmetycznych są coraz bardziej popularne i znajdują się w większości gabinetów kosmetycznych. W pracy zaprezentowano wykorzystanie prądu jako bodźca fizykalnego w aparatach stosowanych podczas zabiegów kosmetycznych. Przedstawiono także wpływ poszczególnych rodzajów prądu na organizm człowieka oraz opisano wskazania i przeciwwskazania do wykonywania danych zabiegów prądowych.

Słowa kluczowe: urządzenia kosmetyczne, prąd, zabiegi

Rola norm polskich, europejskich i międzynarodowych w kształtowaniu jakości i bezpieczeństwa produktów kosmetycznych

Magdalena Toporowska[1]✉, Tomasz Mieczan[1], Adam Bownik[1], Anna Kaczorowska[1]

Obecnie aż jedna trzecia wszystkich produktów kosmetycznych sprzedawanych na świecie pochodzi z Europy [Sprawozdanie Komisji Europejskiej dla Parlamentu Europejskiego i Rady na temat oświadczeń o produktach sporządzanych na podstawie wspólnych kryteriów w branży kosmetycznej 2016]. Co roku na rynku europejskim jedna czwarta kosmetyków będących w obrocie to zupełnie nowe wyroby. Silnie rozwijający się zarówno w Unii Europejskiej, jak i na świecie rynek produktów kosmetycznych, zwłaszcza naturalnych, zagrożenia środowiskowe w postaci zanieczyszczeń wód, gleb i powietrza wpływające na jakość surowców kosmetycznych oraz coraz większa świadomość i coraz wyższe oczekiwania konsumentów wymagają od producentów kosmetyków dążenia do jak najwyższej jakości i zapewnienia bezpieczeństwa wyrobów wprowadzanych na rynek. Standardy jakości i bezpieczeństwa są regulowane aktami prawnymi (dyrektywy i rozporządzenia), jak również dobrowolnymi dokumentami normatywnymi bądź certyfikatami. Definicję normalizacji zapisano w art. 2 Ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji [Dz.U. z 2002 r., nr 169, poz. 1386]. Normalizacja jest procesem ujednolicenia wszystkich lub niektórych cech przedmiotu lub czynności i nadaniem temu ujednoliceniu charakteru przepisu prawnego. Zakres normy zależy od przyjętego celu: może on obejmować wyłącznie jeden parametr lub element produktu, wiele parametrów lub też działanie całej organizacji. Wynikiem procesów normalizacji są postanowienia nazywane dokumentami normalizacyjnymi. Jednym z nich jest norma. Definicja normy wg ustawy o normalizacji [Dz.U. z 2002 r., nr 169, poz. 1386] podaje, że jest to „dokument przyjęty na zasadzie konsensu i zatwierdzony przez upoważnioną jednostkę organizacyjną, ustalający – do powszechnego i wielokrotnego stosowania – zasady, wytyczne lub charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności lub ich wyników i zmierzający do uzyskania optymalnego

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Hydrobiologii i Ochrony Ekosystemów, ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
✉ magdalena.toporowska@up.lublin.pl

stopnia uporządkowania w określonym zakresie". Celami, którym podporządkowane są działania normalizacyjne, są bezpieczeństwo i zdrowie. Aby produkty, technologie i usługi związane z przemysłem kosmetycznym spełniały warunek bezpieczeństwa, potrzebne jest stosowanie norm. Mimo że nie są one w Unii Europejskiej obligatoryjne, ewentualne zagrożenia i konsekwencje wynikające z ich nieprzestrzegania mogą być olbrzymie.

Akty prawne nadrzędne nad normami

Nadrzędnym aktem prawnym regulującym rynek kosmetyków w Polsce i w Unii Europejskiej jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. nr 1223/2009 dotyczące produktów kosmetycznych [Dz.U. UE L 2009.342.59]. Polskim aktem prawnym jest Ustawa z dnia 4 października 2018 r. o produktach kosmetycznych [Dz.U. 2018, poz. 2227]. Rozporządzenie 1223/2009 wprowadza prawną definicję produktu kosmetycznego, zawiera również 10 załączników. Pierwszy dotyczy informacji na temat Raportu Bezpieczeństwa Produktu Kosmetycznego – dokumentu, który tworzy się, aby sprawdzić, czy dany kosmetyk nie zagraża życiu i zdrowiu konsumentów. Dokument ten jest obligatoryjny przy wprowadzaniu produktu kosmetycznego do obrotu na terenie UE. Ponadto, zgodnie z rozporządzeniem, produkt kosmetyczny nie może zawierać substancji niedozwolonych wymienionych w załączniku II; substancji podlegających ograniczeniom, które nie są stosowane zgodnie z wymogami wymienionymi w zał. III; barwników innych niż wymienione w zał. IV; substancji konserwujących innych niż wymienione w zał. V; substancji promieniochronnych innych niż zawarte w zał. VI; a także substancji sklasyfikowanych jako CMR (rakotwórcze, mutagenne lub działające szkodliwie na rozrodczość). Prawo unijne jest jednym z najbardziej restrykcyjnych na świecie pod względem bezpieczeństwa produktów kosmetycznych.

Nazwy wszystkich składników kosmetyków, w tym substancji niedozwolonych, są jednakowe na całym świecie poprzez wprowadzenie i stosowanie nomenklatury INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients). Zgodnie z art. 33 rozporządzenia 1223/2009 Komisja Europejska opracowuje i aktualizuje słownik wspólnych nazw składników. W tym celu uwzględnia się uznane międzynarodowe nazewnictwo, dostępne wraz z innymi informacjami o składnikach kosmetyków w bazie CosIng [Cosmetic ingredient database].

Bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem składników kosmetyków w UE sprawuje Komisja Europejska i organ doradczy SCCS (Komitet Naukowy

ds. Bezpieczeństwa Konsumentów). Europejskie stowarzyszenie Cosmetics Europe (dawniej COLIPA, ang. The European Cosmetic and Perfumery Association) jest istotnym organem informacyjnym, który ustala wiele zasad dobrej praktyki wytwarzania i badania kosmetyków [Żebrowska i Krzynówek 2020]. Aby zagwarantować, że wszystkie wprowadzane na rynek UE produkty kosmetyczne są bezpieczne, od lipca 2013 r. rozporządzenie 1223/2009 nakłada obowiązek ich wytwarzania zgodnie z zasadami GMP (Good Manufacturing Practice, Dobra Praktyka Produkcyjna) oraz wynikający z tych zasad obowiązek śledzenia produktu w łańcuchu dostaw. Proces produkcji wyrobu kosmetycznego jest zgodny z dobrą praktyką produkcji, jeśli jest zgodny z odpowiednimi normami zharmonizowanymi, do których odniesienia są publikowane w Dzienniku Urzędowym UE, czyli w tym wypadku z międzynarodową normą Kosmetyki – dobre praktyki produkcji (GMP) – Przewodnik dobrych praktyk produkcji [PN-EN ISO 22716:2009]. Zgodnie z rozporządzeniem osobą odpowiedzialną za produkt kosmetyczny jest podmiot, który wprowadza dany kosmetyk do obrotu na terytorium UE, czyli producent, importer lub dystrybutor [Balicka i in 2014, Żebrowska i Krzynówek 2020]. Stosowanie GMP zapewnia zgodność z aktualnym prawodawstwem europejskim, wyższą jakość wytwarzanych kosmetyków, ograniczenie wystąpienia produktu niezgodnego, wzrost konkurencyjności marek oraz możliwość rozszerzenia rynków zbytu [Michalski 2013]. Międzynarodowa norma ISO 22716 jest stosowana w wielu krajach, m.in. w USA, gdzie dokumentem opisującym normy i standardy bezpieczeństwa produktów kosmetycznych jest przewodnik „A guide to united states cosmetic products compliance requirements" wydawany i aktualizowany przez Narodowy Instytut Standardów i Technologii (National Institute of Standards and Technology) [Benson i Reczek 2021]. Przewodnik zawiera m.in. aktualną listę 20 norm międzynarodowych (ISO) stosowanych obecnie w USA. Niemniej najważniejszymi aktami prawnymi dotyczącymi kosmetyków i obowiązującymi na terenie Stanów Zjednoczonych są Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (FD&C Act) oraz Fair Packaging and Labeling Act (FPLA). Coraz ważniejszym rynkiem kosmetycznym na świecie staje się rynek azjatycki. W ostatnim czasie duże i wyczekiwane zmiany w prawie regulującym rynek kosmetyczny wprowadziły Chiny [Hu 2021]. 1 stycznia 2021 r. chińskie władze wdrożyły nowe rozporządzenie o nadzorze i administracji kosmetyków (Cosmetics Supervision and Administration Regulations, CSAR), zaś 1 maja 2021 r. system zatwierdzania marki przed wprowadzeniem na rynek nowego kosmetyku i nowego składnika kosmetycznego. Od maja do sierpnia 2021 r. władze chińskie wprowadziły lub wdrożyły 11 nowych regulacji cząstkowych CSAR, m.in. dotyczących obowiązujących norm i standardów.

Normy polskie, europejskie i międzynarodowe a jakość i bezpieczeństwo produktów kosmetycznych

Polskie Normy (PN) są dokumentami opracowywanymi przez Organy Techniczne Polskiego Komitetu Normalizacyjnego [PKN 2021]. PKN nie może wpływać na treść norm, jedynie nadzoruje zgodność procesów opracowywania norm z własnymi przepisami wewnętrznymi. Normy międzynarodowe, wydawane przez ISO (Międzynarodową Organizację Normalizacyjną; International Organization for Standardization), opracowywane przez ekspertów na szczeblu międzynarodowym, mają na początku oznaczenie „ISO". Normy europejskie wydawane przez CEN (Europejski Komitet Normalizacyjny; fr. Comité Européen de Normalisation) posiadają oznaczenie „EN" (Europejska Norma). CEN przyjmuje normy ISO jako Normy Europejskie lub opracowuje normy wspólnie z ISO (oznaczenie EN ISO). PKN wprowadza europejskie i międzynarodowe normy do zbioru PN, które przyjmują odpowiednio oznaczenia PN-EN i PN-ISO lub PN-EN ISO. Służy to wyeliminowaniu przeszkód głównie w wymianie towarów i dokumentacji. Każda norma posiada przypisany numer referencyjny, zawierający oznaczenia wydawcy normy, niepowtarzalny numer, rok i (od 2013 r.) miesiąc opublikowania. Przykładowy zapis wygląda następująco: PN-EN ISO 29621:2017-04.

Ważnym rodzajem Norm Europejskich są normy zharmonizowane, opracowywane przez europejskie organizacje normalizacyjne w celu wsparcia prawodawstwa harmonizacyjnego UE i przyjmowane na podstawie wniosków o normalizację Komisji Europejskiej po konsultacjach z państwami członkowskimi [PKN 2021]. Komisja decyduje o publikacji norm zharmonizowanych w Dzienniku Urzędowym UE jeśli spełniają wymagania przewidziane w odnośnym prawodawstwie harmonizacyjnym UE, czyli dyrektywach lub rozporządzeniach. Co istotne, dopóki Komisja Europejska nie wycofa odniesienia do danej normy zharmonizowanej z Dziennika Urzędowego UE, norma jest aktualna jako zharmonizowana, pomimo że została wycofana jako Norma Europejska. Norma zharmonizowana stanowi przepis szczegółowy dla przepisu zasadniczego (dyrektyw, rozporządzeń). W przypadku kosmetyków są to Dyrektywa 2003/15/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 lutego 2003 r. zmieniająca dyrektywę Rady 76/768/EWG w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do produktów kosmetycznych oraz omówione powyżej Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. Normy zharmonizowane są częścią prawa Unii, jednak stosowanie ich, podobnie jak norm PN, EN i ISO, jest dobrowolne. Natomiast nadrzędne jest spełnienie wymagań zasadniczych dla określonego wyrobu. Produkty wy-

tworzone zgodnie z normami zharmonizowanymi korzystają z domniemania zgodności z odpowiednimi wymaganiami zasadniczymi dyrektyw, rozporządzeń lub innych aktów prawa UE. Podsumowując, producent ma wybór czy produkować wyrób i sprawdzać jego zgodność bezpośrednio z dyrektywą lub rozporządzeniem, czy produkować wyrób zgodnie z wymaganiami zasadniczymi zawartymi w normach zharmonizowanych [PKN 2021].

Na stronie internetowej PKN – https://www.pkn.pl/ – dostępna jest wyszukiwarka norm [PKN 2021]. Obecnie istnieje kilkadziesiąt norm kosmetyków i produktów chemii gospodarczej, dotyczących m.in. GMP, wymagań jakości wyrobów perfumeryjnych, badań fizyko-chemicznych i mikrobiologicznych produktów kosmetycznych, wymagań, jakie powinny spełniać pojemniki do przechowywania kosmetyków i sposobu ich oznakowania. W dalszej części artykułu zostaną omówione zakresy wybranych norm. Polskie normy, podobnie jak europejskie i międzynarodowe, są odpłatne, co wynika z dobrowolności ich stosowania oraz zasad ustanawianych i regulowanych przez międzynarodowe (ISO, IEC) i europejskie (CEN, CENELEC) organizacje normalizacyjne, których PKN jest członkiem [PKN 2021]. Normy można kupić za pośrednictwem stron internetowych PKN, CEN i ISO.

Normy z zakresu bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktu kosmetycznego

Producent powinien zapewnić odpowiednie standardy wytwarzania produktu kosmetycznego, gwarantujące uzyskanie wyrobu wolnego od zanieczyszczeń mikrobiologicznych, ponieważ zakażony kosmetyk stanowi poważne zagrożenie zarówno dla konsumenta, jak i wytwórcy [Kurszewska 2012, March i in. 2018]. Produkty kosmetyczne nie mogą zawierać drobnoustrojów chorobotwórczych, niebezpiecznych dla zdrowia ludzi: bakterii *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz drożdżaków *Candida albicans* (tab. 1) [PN-EN ISO 18416:2016, PN-EN ISO 22717:2016, PN-EN ISO 22718:2016]. Producenci kosmetyków mają obowiązek wykonywania badań czystości mikrobiologicznej produktów innych niż produkty niskiego ryzyka mikrobiologicznego [PN-EN ISO 29621:2017] zanim trafią one na rynek. Przeprowadza się je w zakładowym laboratorium kontroli jakości lub w zewnętrznych, akredytowanych laboratoriach, uwzględniając międzynarodowe normy (ISO) przyjęte jako Normy Europejskie, a następnie jako Normy Polskie (tab. 1). W trakcie badania kontroluje się, czy w produkcie nie ma poszczególnych bakterii, pleśni czy drożdży.

Tabela 1. Normy z zakresu produkcji i bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktów kosmetycznych (działy: kosmetyki – dobre praktyki produkcji; kosmetyki – mikrobiologia)

Norma	Tytuł	Zakres
PN-EN ISO 22716:2009	Dobre praktyki produkcji (GMP) – Przewodnik dobrych praktyk produkcji	Norma dotyczy jakości i bezpieczeństwa produkcji kosmetyków, ich kontroli oraz prawidłowego magazynowania. Stosowanie normy gwarantuje, że produkt kosmetyczny został wyprodukowany, kontrolowany i magazynowany w odpowiedni sposób, co stanowi podstawę wprowadzenia na rynek produktu bezpiecznego
PN-EN ISO 29621:2017-04 (wersje angielska i polska)	Wytyczne dotyczące oceny ryzyka i identyfikacji produktów o niskim ryzyku mikrobiologicznym	Wytyczne dla producentów kosmetyków oraz organów nadzoru pomocne w określeniu, w oparciu o ocenę ryzyka, które produkty gotowe, ze względu na niskie ryzyko zanieczyszczenia mikrobiologicznego podczas produkcji i/lub właściwego użytkowania, nie wymagają stosowania międzynarodowych norm mikrobiologicznych dla kosmetyków
PN-EN ISO 11930:2019-03 (wersja angielska)	Ocena skuteczności ochrony przeciwdrobno-ustrojowej produktu kosmetycznego	Procedura interpretacji danych, uzyskanych na podstawie badania skuteczności konserwacji lub oceny ryzyka mikrobiologicznego, lub obydwu tych metod, podczas oceny całkowitej ochrony przeciwdrobnoustrojowej produktu kosmetycznego. Obejmuje: – badanie skuteczności konserwacji; – procedurę oceny całkowitej ochrony przeciwdrobnoustrojowej produktu kosmetycznego, który nie jest klasyfikowany jako produkt o niskim ryzyku (wg ISO 29621). Uwaga! Na etapie tworzenia produktów kosmetycznych, tam gdzie jest to zasadne, jest możliwe stosowanie innych metod wyznaczania skuteczności konserwacji preparatów
PN-EN ISO 21148:2017-07 (wersje angielska i polska)	Ogólne wytyczne badań mikrobiologicznych	Ogólne wytyczne przeprowadzania badań mikrobiologicznych produktów kosmetycznych w celu zapewnienia jakości i bezpieczeństwa zgodnie z odpowiednią oceną ryzyka
PN-EN ISO 17516:2014-11 (wersje angielska i polska)	Limity mikrobiologiczne	Celem normy jest ułatwienie oceny jakości mikrobiologicznej produktów. Badania mikrobiologiczne nie muszą być wykonywane w przypadku produktów niskiego ryzyka mikrobiologicznego
PN-EN ISO 16212:2017-08 (wersja angielska)	Oznaczanie liczby drożdży i pleśni*	Ogólne wytyczne dla oznaczania liczby pleśni i drożdży obecnych w produktach kosmetycznych, poprzez liczenie kolonii na selektywnym agarowym podłożu po inkubacji w warunkach tlenowych. Drożdże można zidentyfikować odpowiednimi testami identyfikacji, np. opisanymi w normach wymienionych w bibliografii normy lub, jeśli to konieczne, za pomocą innych odpowiednich metod
PN-EN ISO 18415:2017-07 (wersja angielska)	Wykrywanie mikroorganizmów specyficznych i niespecyficznych*	Norma zawiera szczególne wskazania do identyfikacji *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Staphylococcus aureus* i *Candida albicans*. Inne mikroorganizmy, rosnące w warunkach opisanych w normie, mogą być identyfikowane za pomocą odpowiednich testów zgodnie z załączonym do normy schematem. Inne normy (np. ISO 18416, ISO 21150, ISO 22717, ISO 22718) mogą być właściwe

PN-EN ISO 18416:2016-01 (wersja angielska)	Wykrywanie obecności *Candida albicans**, **	Ogólne wytyczne dotyczące wykrywania i identyfikacji drożdżaków *C. albicans* w produktach kosmetycznych. Metody badań określone w normie mogą różnić się w poszczególnych krajach zgodnie z praktykami lub regulacjami krajowymi
PN-EN ISO 21149:2017-07 (wersja angielska)	Zliczanie i wykrywanie mezofilnych bakterii tlenowych*	Ogóle wytyczne zliczania i wykrywania mezofilnych bakterii tlenowych w kosmetykach poprzez zliczanie kolonii na podłożu agarowym po inkubacji tlenowej lub poprzez sprawdzanie braku wzrostu bakterii na podłożu wzbogaconym
PN-EN ISO 21150:2016-01 (wersja angielska)	Wykrywanie obecności *Escherichia coli* *, **	Ogólne wytyczne dotyczące wykrywania i identyfikacji bakterii *E. coli* w produktach kosmetycznych. Metody badań określone w normie mogą różnić się w poszczególnych krajach zgodnie z praktykami krajowymi lub regulacjami
PN-EN ISO 22717:2016-01 (wersja angielska)	Wykrywanie obecności *Pseudomonas aeruginosa* *, **	Ogólne wytyczne dotyczące wykrywania i identyfikacji bakterii *P. aeruginosa* w wyrobach kosmetycznych. Metody badań określone w normie mogą różnić się w poszczególnych krajach zgodnie z praktykami lub regulacjami krajowymi
PN-EN ISO 22718:2016-01 (wersja angielska)	Wykrywanie obecności *Staphylococcus aureus* *, **	Norma podaje ogólne wytyczne dotyczące wykrywania i identyfikacji bakterii *S. aureus* w produktach kosmetycznych. Metody badań określone w normie mogą różnić się w poszczególnych krajach zgodnie z praktykami krajowymi lub regulacjami

* Ze względu na dużą różnorodność produktów kosmetycznych metoda nie może mieć zastosowania do niektórych z nich (np. niektórych produktów mieszających się z wodą). W takim przypadku właściwe mogą być inne międzynarodowe standardy (np. ISO 18415). Inne metody (np. zautomatyzowane) mogą być zastąpione przez przedstawione w normie metody pod warunkiem, że została wykazana ich równoważność lub wykazano w inny sposób, że metoda jest odpowiednia. W celu zapewnienia jakości i bezpieczeństwa konsumentów wskazane jest, by przeprowadzić odpowiednią analizę ryzyka mikrobiologicznego, tak aby określić rodzaje produktów kosmetycznych, do których norma ma zastosowanie. Produkty niskiego ryzyka mikrobiologicznego (patrz ISO 29621) to wyroby o niskiej aktywności wody, produkty wodno-alkoholowe, o skrajnych wartościach odczynu, itp.
** Metoda jest oparta na wykrywaniu obecności drobnoustrojów w nieselektywnym płynnym środowisku (wzbogacony roztwór), a następnie wyizolowaniu ich na selektywnej pożywce agarowej. W zależności od wymaganego poziomu wykrywalności inne metody mogą być również odpowiednie
Oprac. na podst.: PKN 2021.

Kosmetyk o odpowiedniej jakości mikrobiologicznej musi być odporny zarówno na zakażenia pierwotne (związane z procesem wytwarzania), jak i wtórne (wynikające z jego użytkowania) [Kurszewska 2012]. Czystość mikrobiologiczną produktu tworzy się w trakcie tworzenia formuły produktu oraz w trakcie wytwarzania. Na etapie projektowania produktu czystość mikrobiologiczną wyrobu można regulować trzema czynnikami: recepturą produktu, procesem technologicznym oraz opakowaniem gotowego wyrobu. Produktami niskiego ryzyka

mikrobiologicznego są wyroby o niskiej aktywności wody, produkty wodno-alkoholowe, o skrajnych wartościach odczynu (pH równe lub poniżej 3 lub równe lub powyżej 10) itd. [PN-EN ISO 29621:2017]. Dla produktów tego typu nie ma wymogu przeprowadzania testu konserwacji (badania sprawdzającego stopień i prawidłowość zakonserwowania wyrobu) opisanego w normie PN-EN ISO 29621 [2017]. Pozostałe produkty kosmetyczne, których skład surowcowy nie daje gwarancji „odporności" mikrobiologicznej, muszą zawierać konserwanty. Test konserwacji (obciążeniowy, ang. *challenge test*) może być przeprowadzony na podstawie normy PN-EN ISO 11930 [2019]. Badanie polega na jednorazowym wprowadzeniu szczepów testowych bakterii, drożdży i pleśni do próbek zakonserwowanego wyrobu. Zaszczepiony produkt pozostawia się odizolowany od światła na określony czas w odpowiedniej temperaturze by zapewnić drobnoustrojom kontakt z produktem. Po upływie określonych odstępów czasu wykonywane są posiewy zakażonych produktów, aby sprawdzić stopień redukcji drobnoustrojów pod wpływem działania środków konserwujących. Celem badania jest uzyskanie odpowiedniego układu konserwującego, zabezpieczającego produkt przez rozwojem drobnoustrojów [Sztucki 2018].

Normy z zakresu identyfikacji i oznaczania ilościowego substancji chemicznych w produktach kosmetycznych

Istnieje wiele norm międzynarodowych i europejskich przyjętych również jako Polskie Normy, umożliwiających producentom korzystanie z najnowszych technik analizy produktów kosmetycznych i metod badań ochrony przeciwsłonecznej (tab. 2) [PKN 2021]. Producent korzystający z tych norm ma gwarancję, że poddaje swoje produkty badaniom opartym na najnowszej, powszechnej wiedzy naukowej [Gimeno i in. 2012, PKN 2021]. Normy funkcjonujące na rynku polskim dotyczą zarówno metod analiz substancji pożądanych w kosmetykach, np. filtrów UV, w celu kontroli ich optymalnego i bezpiecznego stężenia [PN-EN 16344:2013], jak i substancji zakazanych, do których należą np. hydrochinon czy kortykosteroidy propionian klobetazolu, dipropionian betametazonu, fluocynonid i acetonid fluocinolonu najczęściej znajdujące się w nielegalnie sprzedawanych produktach kosmetycznych do wybielania skóry [PN-EN 16956:2017]. Wśród proponowanych przez twórców norm technik analitycznych należy wymienić metody najnowocześniejsze i najczulsze, w tym oparte o techniki chromatograficzne: chromatografia cieczowa, gazowa i masowa (np. HPLC, GC/MS, LC/MS) (tab. 2). Dają one gwarancję precyzji jakościowego i ilościowego oznaczania badanych substancji [Gimeno i in. 2012, 2016].

Tabela 2. Normy z zakresu analizy produktów kosmetycznych i metod badań ochrony przeciwsłonecznej (działy: kosmetyki – analiza produktów kosmetycznych, kosmetyki –metody analityczne, kosmetyki – metody badań ochrony przeciwsłonecznej)

Norma	Tytuł	Zakres
PN-EN 16342:2013-07 (wersja angielska)	Ilościowe oznaczanie pirytionianu cynku, piroktonianu olaminy i klimbazolu w środkach powierzchniowo czynnych zawartych w produktach kosmetycznych o działaniu przeciwłupieżowym	Opis analitycznej metody wykrywania oraz ilościowego oznaczania środków przeciwłupieżowych: piroktonian oleaminy, pirytionian cynku, klimbazol w produktach kosmetycznych zawierających środki powierzchniowo czynne w odpowiednim stężeniu (od 0,1 do 1,0 g/100 g)
PN-EN 16343:2013-07 (wersja angielska)	Wykrywanie karbaminianu 3-jodo-2 propynylobutylu (IPBC) w preparatach kosmetycznych, metoda LC-MS	Opis metody wykrywania konserwantu karbaminianu 3-jodo-2-propynylobutylu (IPBC) – uregulowanego w Rozporządzeniu (EC) nr 1223/2009, aneks V nr 56 – w preparatach kosmetycznych w stężeniu od 0,005g/100g do 0,1g/100g
PN-EN 16344:2013-10 (wersja angielska)	Wykrywanie filtrów UV w produktach kosmetycznych oraz oznaczanie ilościowe 10 filtrów UV metodą HPLC	Opis przesiewowej metody oznaczania filtrów UV wymienionych w regulacjach kosmetycznych z zastosowaniem HPLC metodą odwróconej fazy. Metoda ma zastosowanie do ilościowego oznaczania 10 filtrów UV, najczęściej stosowanych w sprayach promieniochronnych i emulsyjnych produktach promieniochronnych w szczególności w odniesieniu do maksymalnych stężeń występujących w regulacjach kosmetycznych. Norma umożliwia zastosowanie innych metod analitycznych do ilościowej i jakościowej analizy filtrów UV, jeżeli dają one porównywalne wyniki
PN-EN 16521:2014-05 (wersja angielska)	GC/MS metoda identyfikacji i oznaczania 12 ftalanów w próbkach kosmetyków gotowych do nastrzyków analitycznych	Opis metody GC/MS do identyfikacji i oznaczania 12 ftalanów, spośród których 8 regulowanych jest przez rozporządzenie 1223/2009. Metoda służy do analizy próbek gotowych do nastrzyków analitycznych spośród produktów oraz surowców kosmetycznych
PN-EN 16956:2017-10 (wersja angielska)	HPLC/UV metoda identyfikacji i oznaczania hydrochinonu, eterów hydrochinonu i kortykosteroidów w produktach kosmetycznych wybielających skórę	Opis metody HPLC/UV do identyfikacji i oznaczania ilościowego hydrochinonu, 3 eterów hydrochinonu i 4 kortykosteroidów najczęściej znajdujących się w nielegalnie sprzedawanych produktach kosmetycznych do wybielania skóry: propionianu klobetazolu, fluocynonidu, dipropionianu betametazonu i acetonidu fluocinolonu. Norma ta podaje również metody HPLC/UV do identyfikacji 38 kortykosteroidów, które można znaleźć w produktach do wybielania skóry. Norma nie jest stosowana do produktów przeznaczonych do sztucznych paznokci lub mydeł

PN-EN 17156:2019-01 (wersja angielska)	Metoda LC/UV do identyfikacji i ilościowego oznaczania w produktach kosmetycznych 22 organicznych filtrów UV stosowanych w UE	Opis metody opartej na chromatografii cieczowej (LC) z detekcją spektrometryczną w zakresie ultrafioletu/ światła widzialnego (UV/Vis) dla wykrywania i ilościowego oznaczania 22 organicznych filtrów UV stosowanych obecnie w ramach UE. Metoda ta została zatwierdzona w odniesieniu do balsamów do ust, emulsyjnych produktów kosmetycznych, lotionów i wód
PN-EN ISO 24442:2012 (wersja angielska)	*In vivo* wyznaczanie stopnia ochrony UVA w kosmetykach z filtrem ochronnym	Opis metody *in vivo* oznaczania współczynnika ochrony przeciwsłonecznej UVA w produktach z filtrem ochronnym. Stosowana jest w odniesieniu do kosmetyków, leków i innych produktów przeznaczonych do kontaktu ze skórą ludzką, łącznie ze składnikami, które pochłaniają, odbijają lub rozpraszają promieniowanie UV. Zapewnia ona podstawową ocenę produktów przeznaczonych do ochrony przeciwsłonecznej skóry przed oparzeniem słonecznym, wywoływanym słonecznym promieniowaniem nadfioletowym
PN-EN ISO 24444:2020-06 (wersja angielska)	Wyznaczanie współczynnika ochrony przeciwsłonecznej (SPF) *in vivo*	Opis metody wyznaczania *in vivo* współczynnika ochrony przeciwsłonecznej (SPF) produktów ochrony przeciwsłonecznej. Ma on zastosowanie do produktów zawierających dowolny składnik zdolny do pochłaniania, odbijania lub rozpraszania promieni ultrafioletowych (UV) i przeznaczonych do kontaktu z ludzką skórą. Norma stanowi podstawę do oceny produktów ochrony przeciwsłonecznej pod względem ochrony ludzkiej skóry przed rumieniem wywołanym przez słoneczne promieniowanie UV

Oprac. na podst.: PKN 2021

Certyfikacja produktów kosmetycznych

Producent, upoważniony przedstawiciel producenta, importer lub dystrybutor wprowadzający dany wyrób na rynek, spotyka się często z potrzebą potwierdzenia zgodności wyrobu z wymaganiami określonymi w danej specyfikacji odniesienia – normie, dyrektywie czy rozporządzeniu. Potrzeba potwierdzenia zgodności wynikająca z przepisów prawa powoduje konieczność przeprowadzenia certyfikacji obowiązkowej, natomiast potrzeba potwierdzenia zgodności wynikająca z woli stron (np. dostawca – konsument) stanowi certyfikację dobrowolną [PKN 2021]. Pierwszy przypadek, wynikający z przepisów prawa, związany jest z koniecznością przeprowadzenia przez podmiot oceny zgodności oraz umieszczenia na wyrobie oznakowania CE oznaczającego, że kosmetyk został wypro-

dukowany zgodnie w wymaganiami prawnymi obowiązującymi na terenie UE. Wraz ze zwiększaniem się świadomości konsumenta, znaczenia nabiera certyfikacja dobrowolna i związane z nią zazwyczaj dobrowolne znaki certyfikacyjne, jak np. Znak Zgodności z Polską Normą. W przypadku kosmetyków certyfikat PN jest rzadkością, ale mogą go posiadać firmy produkujące opakowania do kosmetyków. Częstsze są certyfikaty ISO. Przykładowo certyfikacja ISO 22716 potwierdza spełnienie wymagań stosowania normy dobrej praktyki produkcji (GMP). Wdrożenie wytycznych zawartych w normie 22716 jest obligatoryjne dla firm kosmetycznych, natomiast sama certyfikacja jest dobrowolna.

Certyfikat ISO 9001 potwierdza wprowadzenie systemu zarządzania jakością zgodnego z normą ISO 9001 [PN-EN ISO 9001:2015]. Certyfikat ISO 14001 oznacza, że producent spełnia wymagania odnośnie systemu zarządzania środowiskowego zgodne z normą ISO 14001 [PN-EN ISO 14001:2015]. Najbardziej znanymi certyfikatami, które konsument coraz częściej znajduje, i których poszukuje, na opakowaniach produktów kosmetycznych są certyfikaty uznanych, międzynarodowych organizacji, takich jak ECOCERT, COSMOS, BDIH, Vegan Trademark certyfikujących produkty naturalne, ekologiczne, bioorganiczne czy wegańskie. Certyfikacja ta nie jest związana z dokumentami normatywnymi [Ograniczam się 2020]. Coraz bardziej świadomi konsumenci poszukują produktów naturalnych, wolnych od konserwantów i zanieczyszczeń, opartych na składnikach pochodzących z upraw ekologicznych. Niestety, brak prawnej definicji kosmetyku naturalnego rodzi nadużycia ze strony nieuczciwych producentów, którzy umieszczają na etykietach kosmetyków deklaracje o naturalności stworzone w oparciu o niejednolite kryteria.

Działalność wspomnianych organizacji certyfikujących pomaga chronić konsumentów przed coraz powszechniejszym greenwashingiem. Weryfikują one substancje użyte w formułach produktów kosmetycznych, ich dostawców, a także cały proces produkcji. Niestety uzyskanie certyfikatu jest procesem długim i kosztownym, ponieważ organizacje te są prywatnymi firmami działającymi na zasadach komercyjnych. W praktyce na pozyskanie certyfikatu stać tylko duże marki. W związku z brakiem jednolitych kryteriów dających podstawę do miarodajnych porównań „naturalności" i „organiczności" kosmetyków, opracowano normę ISO 16128 [ISO 16128-1:2016, ISO 16128-2:2017]. Nie jest ona obecnie przyjęta jako Polska Norma [PKN 2021].

Norma ISO 16128 – dokument określający stopień naturalności kosmetyku

Norma składa się z dwóch części: 1) ISO 16128-1. Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products. Part 1: Definitions for ingredients – zawiera wytyczne dotyczące definicji składników naturalnych i organicznych oraz 2) ISO 16128-2. Cosmetics – Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients. Part 2: Criteria for ingredients and products – zawiera metodologię obliczania indeksów naturalności, naturalnego pochodzenia oraz organiczności i organicznego pochodzenia Składniki naturalne wg ISO 16128-1 to składniki uzyskiwane wyłącznie z mikroorganizmów, roślin, glonów i grzybów, zwierząt lub minerałów, których struktura chemiczna nie została celowo zmieniona [ISO 16128-1:2016]. Składniki pochodzące z paliw kopalnych (pochodne ropy naftowej) wykluczono z definicji. Podobnie jak inne normy międzynarodowe, norma ISO 16128 nie jest wymagana prawnie.

Normę opracowano na szczeblu międzynarodowym z udziałem wielu światowych instytucji (w tym certyfikujących kosmetyki naturalne) oraz ekspertów. Daje to szansę, że w przyszłości dokument stanie się punktem odniesienia do stworzenia wiążących regulacji prawnych w zakresie deklaracji dotyczących stopnia naturalności i organiczności produktów kosmetycznych [Tumiłowicz 2019]. Podawanie udziału składników naturalnych w produkcie kosmetycznym na podstawie normy ISO wymaga jednorazowego zakupu normy i wykonania obliczeń na podstawie wzorów podanych w normie oraz danych dostarczanych przez dystrybutorów lub producentów surowców. Aby przeprowadzić samodzielnie wyliczenia, niejednokrotnie wystarcza karta charakterystyki i specyfikacja surowców. Proces jest znacznie tańszy niż certyfikacja [Tumiłowicz 2019]. Każdy surowiec kosmetyczny może być oceniony według czterech parametrów: naturalności, pochodzenia naturalnego, organiczności lub pochodzenia organicznego. Do każdej z wymienionych kategorii przypisuje się indeksy od 0 do 1. Na przykład jeśli definicja składnika pochodzenia naturalnego jest spełniona, wskaźnik pochodzenia naturalnego przyjmuje wartość od 0,5 do 1, jeśli zaś nie, wskaźnik wynosi poniżej 0,5. Woda użyta zarówno w formule kosmetyku, jak i w ekstraktach zawsze ma wskaźnik naturalności i wskaźnik pochodzenia naturalnego równe 1. Następnie indeksy są mnożone przez zawartość składnika w recepturze. Uzyskane iloczyny są sumowane dla wszystkich składników, wykazując procent składu kosmetyku, który jest odpowiednio naturalny, pochodzenia naturalnego, organiczny lub pochodzenia organicznego. Zastosowanie normy ISO 16128 pozwala łatwo sprawdzić, czy ilość naturalnych składników jest bliższa 30% czy 90%.

Norma ISO 16128 a organizacje certyfikujące

Norma ISO 16128 przedstawia inne podejście do kwestii „naturalności" niż międzynarodowe organizacje certyfikujące [Tumiłowicz 2019]. Organizacje certyfikujące kosmetyki naturalne początkowo współpracowały przy tworzeniu standardu ISO, jednakże końcowa wizja normy różni się od początkowych ustaleń. Organizacje zarzucają normie nieprecyzyjność (m.in. dopuszczanie organizmów GMO) oraz brak definicji dla produktów gotowych. W przeciwieństwie do wymogów organizacji certyfikujących produkty naturalne, norma nie zawiera listy substancji zakazanych. Możliwe jest użycie dowolnego surowca kosmetycznego (oprócz zakazanych rozporządzeniem unijnym) i jedyną konsekwencją w przypadku użycia surowca syntetycznego jest zmniejszenie końcowej wartości procentowej składu naturalnego bądź pochodzenia naturalnego. Wiele surowców do tej pory uznanych przez organizacje certyfikujące za niespełniające warunku „naturalności" uzyskało swój indeks, co jest bardzo ważną cechą normy. Norma uwidacznia, jak wiele surowców powstaje w wyniku kombinacji półproduktów naturalnych i syntetycznych. Większość z nich w świetle certyfikatów jest niedozwolona właśnie ze względu na część syntetyczną. Norma wskazuje, że indeksy można wyliczyć tylko dla surowców powstających w wyniku procesów „zielonej chemii". Surowce powstałe w wyniku innych procesów są traktowane jako nienaturalne (nawet jeśli surowcami wyjściowymi są surowce naturalne). W przeciwieństwie do ustaleń normy organizacje certyfikujące traktują produkt jako całość – proces produkcji, opakowanie, claimy (slogany „przyklejone" do nazwy produktu) [Manca 2016]. Wprowadzają również dodatkowe obostrzenia dotyczące surowców, np. zakaz używania określonych konserwantów, produktów odzwierzęcych związanych z cierpieniem lub zabijaniem zwierząt oraz wyrobów powstałych z niecertyfikowanego oleju palmowego. Norma nie uwzględnia tych aspektów, pomimo że mogą być one kluczowe dla konsumentów. Certyfikowanie produktów jako naturalne dotyczy również pobocznych tematów związanych z rynkiem kosmetycznym: wegańskości, zrównoważenia w produkcji oleju palmowego, minimalizacji stosowania surowców ropopochodnych i plastiku. Pomimo że norma podąża ściśle za określaniem „jak dużo natury użyto", w szerszej perspektywie może to nie być wystarczające. W związku z powyższym certyfikaty wydawane przez organizacje i stowarzyszenia certyfikujące z pewnością nie będą tracić na popularności [Manca 2016, Tumiłowicz 2019].

Podsumowanie

Normy i standardy jakości to jeden z podstawowych elementów stojących na straży bezpieczeństwa zarówno producentów, jak i konsumentów produktów kosmetycznych. Ich przestrzeganie jest niezwykle istotne. Największe znaczenie zarówno na świecie, jak i na obszarze Unii Europejskiej mają normy międzynarodowe wydawana przez ISO. Certyfikaty potwierdzające zastosowanie norm międzynarodowych na etapie produkcji, które coraz częściej pojawiają się na etykietach produktów, gwarantują nie tylko bezpieczeństwo produktu, ale także dbałość producenta o środowisko naturalne.

Bibliografia

Balicka A., Donejko M., Rysiak E., 2014. Wymagania prawne dotyczące kosmetyków w aspekcie działań niepożądanych. Farm. Pol. 70(8), 466–470.

Benson L.M., Reczek K., 2021. A guide to United States cosmetic products compliance requirements. National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8178r1

Cosmetic ingredient database. https://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/cosing_en

Dyrektywa 2003/15/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 lutego 2003 r. zmieniająca dyrektywę Rady 76/768/EWG w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do produktów kosmetycznych. Tekst mający znaczenie dla EOG (Dz.U. L 66 z 11.3.2003 r., str. 144–153).

Gimeno P., Maggio A.F., Bancilhon M., Lassu N., Gornes H., Brenier C., Lempereur L., 2016. HPLC–UV method for the identification and screening of hydroquinone, ethers of hydroquinone and corticosteroids possibly used as skin-whitening agents in illicit cosmetic products. J. Chromatogr. Sci. 54(3), 343–352.

Gimeno P., Maggio A.F., Bousquet C., Quoirez A., Civade C., Bonnet P.A., 2012. Analytical method for the identification and assay of 12 phthalates in cosmetic products: Application of the ISO 12787 international standard "Cosmetics – Analytical methods – Validation criteria for analytical results using chromatographic techniques". J. Chromatogr. A. 1253, 144–153.

Hu A., 2021. China: 11 regulations to implement the New Cosmetic Regulatory Framework. Premium Beauty News. https://www.premiumbeautynews.com/en/china-11-regulations-to-implement,19090,en

ISO 16128-1:2016. Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products. Part 1: Definitions for ingredients.

ISO 16128-2:2017. Cosmetics – Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients. Part 2: Criteria for ingredients and products.

Kurszewska M. 2012. Jakość należy wyprodukować. Przemysł Kosmetyczny, 1/2012 https://www.kierunekkosmetyki.pl/artykul,4966,jakosc-nalezy-wyprodukowac.html

Manca G. 2016. Certification schemes to guarantee ethical cosmetics. In Presidente del Congresso. Università degli Studi della Tuscia.

March G.A., Garcia-Loygorri M.C., Eiros J.M., Bratos M.A., de Lejarazu R.O., 2018. Microbiological Quality in Cosmetics. In Analysis of Cosmetic Products, Elsevier,.585-597.

Michalski R. 2013. Normalizacja w kosmetologii. Laborant, 28-30.

Ograniczam się, 2020. Certyfikaty kosmetyczne – przewodnik. Część I, https://www.ograniczamsie.com/2020/09/certyfikaty-kosmetyczne-przewodnik-czesc-i-kosmetyki-naturalne.html
PKN 2021. https://www.pkn.pl/
PN-EN 16342:2013. Ilościowe oznaczanie pirytionianu cynku, piroktonianu olaminy i klimbazolu w środkach powierzchniowo czynnych zawartych w produktach kosmetycznych o działaniu przeciwłupieżowym. PKN, Warszawa.
PN-EN 16343:2013. Wykrywanie karbaminianu 3-jodo-2-propynylobutylu (IPBC) w preparatach kosmetycznych, metoda LC-MS. PKN, Warszawa.
PN-EN 16344:2013. Wykrywanie filtrów UV w produktach kosmetycznych oraz oznaczanie ilościowe 10 filtrów UV metodą HPLC. PKN, Warszawa
PN-EN 16521:2014. GC/MS metoda identyfikacji i oznaczania 12 ftalanów w próbkach kosmetyków gotowych do nastrzyków analitycznych. PKN, Warszawa.
PN-EN 16956:2017. HPLC/UV metoda identyfikacji i oznaczania hydrochinonu, eterów hydrochinonu i kortykosteroidów w produktach kosmetycznych wybielających skórę. PKN, Warszawa
PN-EN 17156:2019. Metoda LC/UV do identyfikacji i ilościowego oznaczania w produktach kosmetycznych 22 organicznych filtrów UV stosowanych w UE. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 11930:2019. Ocena skuteczności ochrony przeciwdrobnoustrojowej produktu kosmetycznego. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 14001:2015. Systemy zarządzania środowiskowego. Wymagania i wytyczne stosowania. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 16212:2017. Oznaczanie liczby drożdży i pleśni. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 17516:2014. Limity mikrobiologiczne. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 18415:2017. Wykrywanie mikroorganizmów specyficznych i niespecyficznych. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 18416:2016. Wykrywanie obecności *Candida albicans*. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 21148:2017. Ogólne wytyczne badań mikrobiologicznych. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 21149:2017. Zliczanie i wykrywanie mezofilnych bakterii tlenowych. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 21150:2016. Wykrywanie obecności *Escherichia coli*. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 22716:2009. Kosmetyki – dobre praktyki produkcji (GMP) – Przewodnik dobrych praktyk produkcji. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 22717:2016. Wykrywanie obecności *Pseudomonas aeruginosa*. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 22718:2016. Wykrywanie obecności *Staphylococcus aureus*. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 24442:2012. Metody badań ochrony przeciwsłonecznej. *In vivo* wyznaczanie stopnia ochrony UVA w kosmetykach z filtrem ochronnym. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 24444:2020. Metody badań ochrony przeciwsłonecznej - Wyznaczanie współczynnika ochrony przeciwsłonecznej (SPF) *in vivo*. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 29621:2017. Wytyczne dotyczące oceny ryzyka i identyfikacji produktów o niskim ryzyku mikrobiologicznym. PKN, Warszawa.
PN-EN ISO 9001:2015. Systemy zarządzania jakością. Wymagania. PKN, Warszawa.
Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych (Dz.U. UE L 2009.342.59).
Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego i Rady na temat oświadczeń o produktach sporządzanych na podstawie wspólnych kryteriów w branży kosmetycznej (Bruksela, 19 września 2016 r.). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:52016DC0580
Sztucki D., 2018. Test skuteczności i ocena zakonserwowania produktów kosmetycznych. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania, 23.
Tumiłowicz P. 2019. Kosmetyki naturalne w świetle normy ISO 16128. Klaster Life Science Kraków https://lifescience.pl/aktualnosci/kosmetyki-naturalne-w-swietle-normy/
Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. z 2002 r. nr 169, poz. 1386).
Ustawa z dnia 4 października 2018 r. o produktach kosmetycznych (Dz.U. z 2018 r. poz. 2227).

Żebrowska M., Krzynówek W., 2020. Wymagania prawne dla produktów kosmetycznych. Obowiązujące akty prawne. Redakcja Aptekarza Polskiego. https://www.aptekarzpolski.pl/wiedza/wymagania-prawne-dla-produktow-kosmetycznych/

Streszczenie. Silnie rozwijający się rynek produktów kosmetycznych, zwłaszcza naturalnych, zagrożenia środowiskowe w postaci zanieczyszczeń wód, gleb i powietrza wpływające na jakość surowców kosmetycznych oraz coraz większa świadomość i wymagania konsumentów zmuszają producentów kosmetyków do dążenia do jak najwyższej jakości wyrobów wprowadzanych na rynek i zapewnienia ich bezpieczeństwa. Standardy jakości i bezpieczeństwa kosmetyków są regulowane zarówno dyrektywami i rozporządzeniami, jak również dobrowolnymi dokumentami normatywnymi bądź certyfikatami. W niniejszej pracy przedstawiono zagadnienia związane z wybranymi grupami norm z zakresu analizy czystości mikrobiologicznej produktów kosmetycznych, metod analitycznych oraz metod badań ochrony przeciwsłonecznej. Omówiono również system certyfikacji produktów kosmetycznych w kontekście normy ISO 16128-2 dotyczącej obliczania indeksów naturalności, naturalnego pochodzenia oraz organiczności i organicznego pochodzenia.

Słowa kluczowe: PKN, GMP, mikroorganizmy, ISO 16128, certyfikaty

Dobre praktyki produkcyjne w przemyśle kosmetycznym

Jolanta Król[1]✉, Aneta Brodziak

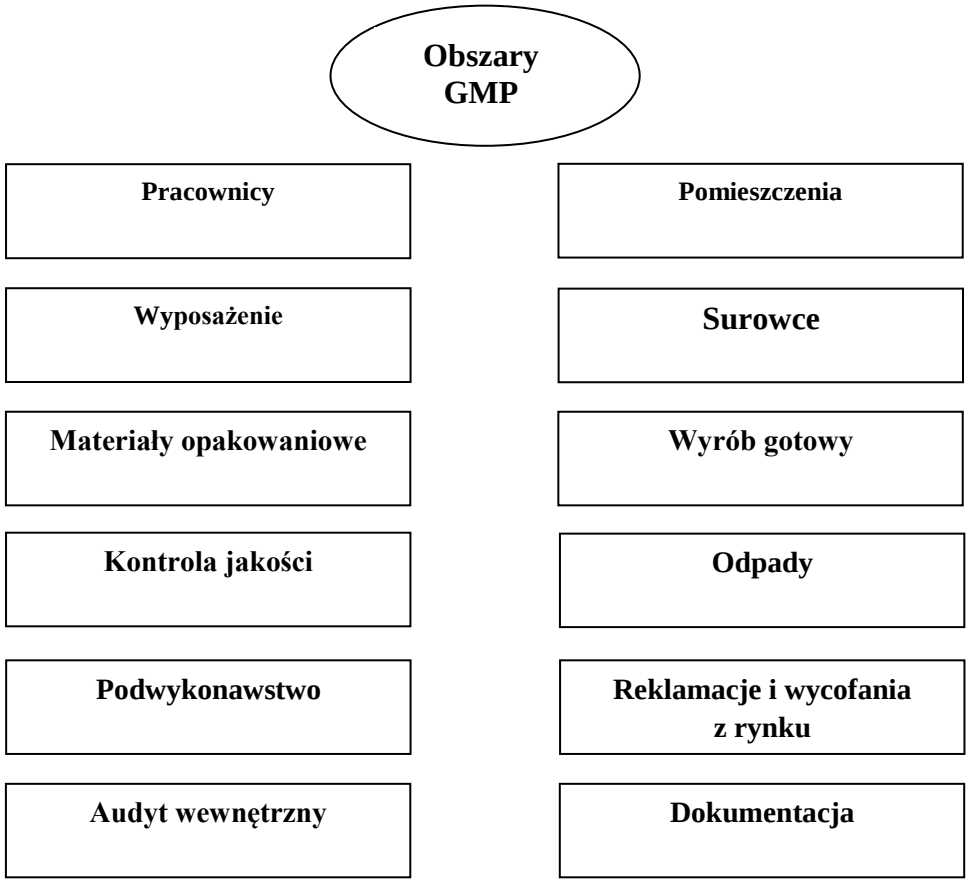
Dobra praktyka produkcyjna (GMP, ang. *good manufacturing practice*) określa zbiór zasad oraz procedur, których przestrzeganie gwarantuje, iż produkcja przebiega w warunkach pozwalających na wytwarzanie produktów spełniających ustalone wcześniej wymagania jakościowe. To połączenie efektywnych procedur produkcyjnych oraz skutecznej kontroli i nadzoru produkcji, zapewniających jednorodność i powtarzalność wyrobu. GMP ustala działania, które muszą być podjęte, i warunki, które muszą być spełniane od etapu zaopatrzenia w surowce, poprzez ich magazynowanie, produkcję, pakowanie, kontrolę, zwalnianie do obrotu, a kończąc na dystrybucji wyrobu gotowego [Król 2012, Marczewska i Mysłowska 2018]. Zawiera w sobie wszystkie elementy podstawowych wymagań dotyczących głównych założeń budowlanych, technicznych, technologicznych, wyposażenia, praktyk operacyjnych i metod produkcji, które są niezbędne do wyprodukowania kosmetyków o jakości pożądanej przez klienta.

Dobre praktyki produkcyjne stosowane są w różnych sektorach przemysłu, w tym głównie w branży spożywczej i farmaceutycznej, a od niedawna są obligatoryjne również w branży kosmetycznej. Wymagania GMP są określone w prawodawstwie unijnym i krajowym, jak również w normach międzynarodowych [Marczewska i Masłowska 2018]. Należy podkreślić, iż pierwsze zasady GMP zostały opracowane w 1963 r. z inicjatywy FDA (ang. Food and Drug Administration) w USA i dotyczyły tylko żywności. Aktualnie wymagania GMP dla branży żywnościowej określone są przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 852/2004 z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych. Dla przemysłu farmaceutycznego podstawą prawną regulującą wymagania GMP jest natomiast Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań Dobrej Praktyki Wytwarzania.

Dla całego sektora kosmetycznego prawdziwym przełomem było opublikowanie w 2009 r. Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE)

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Zakład Bezpieczeństwa Żywności i Produktów Tradycyjnych, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
✉ jolanta.krol@up.lublin.pl

nr 1223/2009 z dnia 30.11.2009 r. dotyczącego produktów kosmetycznych [Miszkiewicz i in. 2014]. Głównym celem rozporządzenia jest zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ludzkiego. Artykuł 8 nałożył na wszystkie firmy z branży obowiązek produkcji kosmetyków zgodnie z zasadami dobrych praktyk produkcyjnych. Wymagania niniejszego rozporządzenia są stosowane od 11 lipca 2013 r. Jednym ze sposobów wykazania, iż produkcja wyrobów kosmetycznych odbywa się zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną jest spełnienie wymagań normy zharmonizowanej ISO 22716:2009 „Kosmetyki. Dobre praktyki produkcji (GMP). Przewodnik Dobrych Praktyk Produkcji". Wdrożenie i stosowanie tej normy stanowi gwarancję jakości produktów kosmetycznych [Budzowski 2012]. Norma ta przedstawia ogólne wytyczne w zakresie produkcji, konfekcjonowania, kontroli jakości, magazynowania, jak i transportu produktów kosmetycznych. Odnosi się do 12 głównych obszarów (ryc. 1).



Ryc. 1. Obszary dobrych praktyk produkcyjnych według normy ISO 22716:2009

Pracownicy

Higiena osobista pracowników oraz ich stan zdrowia mają zasadnicze znaczenie w zapewnieniu bezpieczeństwa kosmetyków. Człowiek w kontakcie z kosmetykami może być źródłem ich zanieczyszczeń, przede wszystkim mikrobiologicznych i fizycznych. Zgodnie z wymaganiami, aby uniknąć zanieczyszczenia produktów kosmetycznych, każda osoba wchodząca do strefy produkcji, kontroli lub magazynowania kosmetyków powinna:

- nosić odpowiednią odzież oraz strój ochronny, z uwzględnieniem nakrycia głowy oraz obuwia; odzież powinna być zawsze czysta i nieuszkodzona oraz całkowicie zakrywać odzież osobistą pracownika i włosy,
- na czas pracy usuwać wszelkiego rodzaju biżuterię (pierścionki, broszki, korale, klipsy), zegarki oraz inne drobne przedmioty,
- unikać spożywania żywności, picia, żucia gumy, palenia, a także przechowywania żywności, napojów lub wyrobów nikotynowych oraz leków osobistych w strefie produkcji, kontroli i magazynowania,
- przestrzegać higieny i czystości zwłaszcza rąk w czasie pracy, mieć krótko obcięte i nie lakierowane paznokcie. Każda osoba musi umyć ręce przed pracą, po każdej wizycie w toalecie, po każdym wyjściu poza teren zakładu, po każdej „brudnej" czynności i w każdym innym czasie kiedy to wskazane, co również powinno dotyczyć korzystania z telefonów komórkowych,
- posiadać jednorazowe rękawiczki i maseczki ochronne, o ile niezbędne jest ich używanie [Dzwolak 2016].

Należy podkreślić, iż czystość rąk jest jednym z najważniejszych elementów zapewniających bezpieczeństwo mikrobiologiczne przy produkcji kosmetyków czy też wykonywaniu usług kosmetycznych. Ręce stanowią najważniejszą drogę przenoszenia chorobotwórczych mikroorganizmów, dlatego też bardzo ważne jest ich prawidłowe mycie i dezynfekcja – zgodnie z instrukcjami zakładowymi [Brycka 2014c].

Norma ISO 22716 określa również wymagania związane ze stanem zdrowia pracowników. Osoba chora lub u której stwierdzono obecność zainfekowanych ran, zakażeń skóry, owrzodzeń lub biegunkę nie powinna uzyskać pozwolenia na pracę do czasu poprawy jej stanu zdrowia lub stwierdzenia przez personel lekarski, że jakość wyrobów kosmetycznych nie pogorszy się. Osobę taką w uzasadnionych przypadkach można oddelegować do innych zadań, nie związanych bezpośrednio z produkcją. Niewielkie skaleczenia i otarcia skóry należy nakrywać wodoszczelnym opatrunkiem.

Także osoby wizytujące zakład przed wejściem do stref produkcyjnych powinny włożyć odzież ochronną i stosować się do wszystkich ww. zasad higieny. Osoby takie powinny znajdować się pod ścisłym nadzorem.

Szkolenia pracowników

Jednym z obowiązków pracodawcy jest prowadzenie szkoleń pracowników, które prowadzą do pogłębienia zarówno wiedzy teoretycznej, jak również praktycznej. Tematyka szkoleń powinna być opracowana na podstawie wymogów, doświadczeń i po analizie zaobserwowanych potrzeb wynikających z zachowania pracowników. Zgodnie z wymaganiami normy [ISO 22716:2009] personel zaangażowany w produkcję, kontrolę, magazynowanie i wysyłkę kosmetyków powinien dysponować umiejętnościami nabytymi dzięki odpowiednim szkoleniom i doświadczeniu lub kombinacji tych dwóch elementów, odpowiednimi do ich zakresu odpowiedzialności i wykonywanych czynności. Wszystkim pracownikom należy zapewnić odpowiednie przeszkolenie dotyczące dobrych praktyk produkcji. Spełnienie ww. wymagań jest potwierdzane dokumentacją o przeprowadzonych szkoleniach lub udzielonym instruktażu osobom, wykonującym określoną pracę. Dokumentacja powinna być przechowywana w aktach osobowych pracownika i udostępniana na żądanie organów urzędowej kontroli.

Szkolenia mogą przybierać różne formy, w tym obejmujące szkolenia wewnętrzne organizowane we własnym zakresie czy organizowane przez specjalistów z zewnętrz.

Pomieszczenia

Aby uniknąć nieprawidłowości w funkcjonowaniu zakładu i zminimalizować prawdopodobieństwo zanieczyszczenia wyrobów gotowych, należy w pierwszej kolejności zwrócić szczególną uwagę na lokalizację zakładu, stan techniczny budynków, układ funkcjonalny pomieszczeń, ich wyposażenie oraz wykończenie wnętrz. Zgodnie z normą ISO 22716 pomieszczenia powinny być zlokalizowane, zaprojektowane, zbudowane oraz wykorzystywane w taki sposób, aby:

a) zapewnić ochronę produktu,

b) umożliwić prace porządkowe (sprzątanie i dezynfekcję),

c) minimalizować ryzyko pomylenia wyrobów gotowych, surowców i materiałów opakowaniowych, m.in. poprzez oddzielenie drogi dostaw lub wprowadzenie harmonogramu czasowego.

Fundamentalnym wymogiem jest podział zakładu na strefy brudne i czyste. Strefy, w których kosmetyki nie są narażone lub w niewielkim stopniu na zanieczyszczenia, są nazywane strefami niskiego ryzyka lub strefami brudnymi. Obszary, w których ryzyko zanieczyszczenia jest duże, są określane mianem stref wysokiego ryzyka lub stref czystych. Przestrzeganie rozdziału stref zapewnia odpowiednie ciągi komunikacyjne, a w konsekwencji ochronę kosmetyków przed zanieczyszczeniami krzyżowymi. Ważny jest wybór stosownych materiałów budowlanych i sposób wykonania poszczególnych elementów konstrukcyjnych. Konieczne jest również wyposażenie zakładu w odpowiednie urządzenia do utrzymania poziomu higieny osobistej (odpowiednia ilość toalet, umywalek, szatni), a także wyznaczenie strefy socjalnej [Bartosz 2019, Król 2012].

Wymagania dotyczące pomieszczeń przedstawiają się następująco:

- budynki i pomieszczenia zakładów muszą być utrzymywane w czystości, znajdować się w dobrym stanie technicznym;
- ważne, aby pomieszczenia były wykonane w sposób pozwalający na łatwe utrzymanie ich w czystości, z materiałów zmywalnych, nie pochłaniających wilgoci oraz możliwe do czyszczenia i dezynfekcji. Zastosowane elementy konstrukcyjne oraz materiały wykończeniowe pomieszczeń nie mogą stanowić źródła zagrożeń, muszą być utrzymane w dobrym stanie, łatwe do czyszczenia, oraz, w miarę potrzeby, do dezynfekcji;
- posadzki – muszą być wykonane z materiałów nieprzepuszczalnych, nienasiąkliwych, zmywalnych oraz nietoksycznych i utrzymane w dobrym stanie technicznym, łatwe do czyszczenia. Tam gdzie sytuacja tego wymaga, należy zapewnić odpowiedni spływ wody z powierzchni posadzki;
- ściany – ich powierzchnie powinny być wykonane z materiałów nieprzepuszczalnych, niepochłaniających, zmywalnych oraz nietoksycznych, a powierzchnie gładkie aż do wysokości niezbędnej do działania;
- sufity (lub, w przypadku, gdy nie ma sufitu, wewnętrzna powierzchnia dachu) i wszystkie zamontowane w górze elementy (osprzęt napowietrzny) – muszą być zaprojektowane i wykończone w sposób umożliwiający gromadzenie się zanieczyszczeń oraz redukujący kondensację pary wodnej, wzrost niepożądanych pleśni oraz strząsania cząstek;
- okna i inne otwory – muszą być skonstruowane w taki sposób, aby uniemożliwić gromadzenie się zanieczyszczeń. Tam gdzie jest konieczne otwieranie okien na zewnątrz, należy wyposażyć je w siatki zatrzymujące owady.
  W miejscach gdzie otwarte okna mogą spowodować zanieczyszczenie, muszą być zamknięte i unieruchomione podczas produkcji;

– drzwi – muszą być łatwe do czyszczenia oraz, w miarę potrzeby, do dezynfekcji. Ich powierzchnie powinny być gładkie, łatwo zmywalne i nienasiąkliwe;
– zakład powinien posiadać odpowiedni system grawitacyjnej lub mechanicznej wentylacji, uniemożliwiający przepływ powietrza z obszarów zanieczyszczonych do obszarów czystych. Systemy wentylacyjne muszą być tak skonstruowane, aby umożliwić łatwy dostęp do filtrów i innych części wymagających czyszczenia lub wymiany;
– wszelkie węzły sanitarne powinny być zaopatrzone w odpowiednią naturalną bądź mechaniczną wentylację;
– pomieszczenia, w których produkuje się kosmetyki, muszą być wyposażone w odpowiednie naturalne i/lub sztuczne oświetlenie dostosowane do wykonywanych w nich czynności, odpowiadające wymaganiom w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy. Punkty świetlne w pomieszczeniach produkcyjnych zabezpiecza się przed rozpryskiem szkła;
– w zakładzie musi być dostępna odpowiednia ilość toalet spłukiwanych wodą, podłączonych do sprawnego systemu kanalizacyjnego. Toalety nie mogą łączyć się bezpośrednio z pomieszczeniami, w których produkuje się kosmetyki. Muszą być wyposażone w grawitacyjną lub mechaniczną wentylację, a drzwi toalet nie mogą otwierać się bezpośrednio do pomieszczeń produkcyjnych i magazynowych;
– w zakładzie powinna być dostępna odpowiednia liczba, właściwie usytuowanych umywalek do mycia rąk. Do umywalek musi być doprowadzona bieżąca woda (ciepła i zimna). Muszą być one zaopatrzone w środki do mycia i dezynfekcji rąk i higienicznego ich suszenia;
– w miarę potrzeby, powinny być zapewnione odpowiednie szatnie dla pracowników lub innych osób wykonujących prace przy produkcji kosmetyków, a także strefa socjalna [Dzwolak 2014, Marczewska i Mysłowska 2018].

Ochrona przed szkodnikami

W zakładzie powinien być opracowany system kontroli i monitorowania obecności szkodników oraz program stosowania odpowiednich środków zabezpieczających przed ich wtargnięciem do zakładu (stacji deratyzacyjnych, pułapek, lamp owadobójczych, siatek ochronnych itp.) [Król 2012].

Wyposażenie

Wyposażenie zakładów może stanowić istotne źródło zagrożeń dla produkowanych wyrobów lub realizowanych usług. Stąd tak ważne jest z punktu widzenia zapewnienia higieny, aby przy projektowaniu, konstruowaniu i instalowaniu maszyn, urządzeń, stosowanego sprzętu uwzględniać następujące aspekty:

- części wyposażenia, z którymi stykają się surowce i wyroby gotowe powinny być wykonane ze stali kwasoodpornej nierdzewnej, bądź też z tworzywa sztucznego niereagującego z kosmetykami. Wszystkie materiały powinny posiadać atest PZH;
- skonstruowane w taki sposób, aby zminimalizować jakiekolwiek ryzyko zanieczyszczenia oraz zapewnić łatwość i skuteczność mycia i dezynfekcji;
- sposób mocowania do podłoża, pozwalający na odpowiednie czyszczenie sprzętu i otaczającego obszaru.

Maszyny i urządzenia powinny być tak zainstalowane do podłoża, aby wszelkiego rodzaju podpory i postumenty nie stanowiły miejsc gromadzenia się kurzu, resztek produktów czy wody używanej do mycia zewnętrznych powierzchni aparatów i wnętrza zakładu (najlepszym rozwiązaniem jest mostek instalacyjny). Co ważne, eksploatacja i obsługa muszą odbywać się ściśle z zaleceniami producentów maszyn, urządzeń oraz sprzętu. W celu utrzymania maszyn i urządzeń w nienagannym stanie zaleca się ich systematyczne przeglądy oraz konserwacje zgodnie z przygotowanym harmonogramem [Piepiórka-Stepuk 2011, Diakun 2011]. Szczególnym nadzorem należy objąć materiały zużywalne, np. elementy urządzeń. Regularnie musi być przeprowadzane wzorcowanie urządzeń.

Mycie i dezynfekcja

Mycie i dezynfekcja należą do najważniejszych składowych dobrej praktyki produkcyjnej. W każdym zakładzie powinny funkcjonować odpowiednie systemy mycia i dezynfekcji, co dotyczy zarówno pomieszczeń, maszyn, sprzętu, jak i urządzeń [Brycka 2014a, 2014b]. Należy opracować program czyszczenia, który powinien zawierać sposób mycia i dezynfekcji, używane środki czyszczące oraz częstotliwość z jaką należy wykonywać poszczególne czynności. Należy również określić osoby wykonujące dane działania. Należy zapewnić odpowiednią ilość i jakość środków czystości, stosować odpowiednie metody mycia i dezynfekcji. Ważnym aspektem utrzymania higieny produkcji jest systematyczność. Program mycia musi być odpowiednio dobrany do rodzaju produkcji,

wielkości instalacji i urządzeń znajdujących się w zakładzie oraz występujących zanieczyszczeń [Borowy 2014].

Wyróżnia się kilka systemów mycia stosowanych w zależności od mytego obiektu oraz dostępności powierzchni, tj. mycie w obiegu zamkniętym, bez demontażu maszyn i urządzeń wchodzących w skład linii technologicznych (CIP, z ang. *cleaning in place*) oraz mycie w układzie otwartym (COP, z ang. *cleaning out of place*). Obecnie standardem jest mycie i dezynfekcja instalacji technologicznych z wykorzystaniem systemu CIP. Zabiegi mycia odbywają się poprzez przepuszczenie przez instalację środków: myjącego, dezynfekującego i płuczącego z możliwością wielokrotnego wykorzystania oraz optymalnego dozowania [Piepiórka i Diakun 2007].

Niezależnie od techniki oraz stosowanych preparatów chemicznych, po każdym myciu należy przeprowadzić płukanie końcowe, które zapobiega interakcjom ewentualnych pozostałości środków myjących ze środkami dezynfekcyjnymi. Z jednej strony zapobiega to zmniejszeniu aktywności przeciwdrobnoustrojowej preparatów dezynfekcyjnych, z drugiej – chroni przed niekontrolowanymi reakcjami chemicznymi, zwłaszcza gdy preparaty mają różne pH. Do spłukiwania powierzchni należy stosować wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi [Rozporządzenie Ministra Zdrowia 2017, Przybylski 2020].

Pomimo dokładnej kontroli parametrów oraz powtarzalności procesów mycia nie ma pewności, że czyszczona powierzchnia jest czysta. W tym celu należy przeprowadzić walidację skuteczności procesów mycia. Walidacja to działania mające na celu udowodnienie, że stosowane procesy czyszczenia są powtarzalne i nie stanowią zagrożenia dla jakości wytwarzanych produktów. Walidacja czyszczenia dotyczy tylko tych urządzeń, które używane są do wytwarzania wielu produktów (a nie do konkretnego produktu), ich powierzchni bezpośrednio kontaktującej się z produktem oraz tych fragmentów urządzeń i wyposażenia pomieszczeń, do których produkt może się przedostawać i stanowić zagrożenie [Nowaczyk i Merlak 2014a, Brycka 2014b].

Konieczne jest również sprawdzenie, czy instalacja produkcyjna została umyta w sposób wystarczający i czy nie stanowi źródła skażenia produktu. Wyróżnia się następujące metody weryfikujące skuteczność mycia i dezynfekcji: ocena wizualna (najprostsza, subiektywna metoda wzrokowa), wymazy (badanie materiału pobranego przez wymaz z określonych obszarów urządzeń), odciski (przeniesienie materiału na wyselekcjonowaną pożywkę przez jej staranny docisk do badanego fragmentu powierzchni), analiza popłuczyn (do badania wykorzystuje się wodę pobraną w końcowej fazie płukania instalacji lub spływającą z opłukanych już powierzchni) [Nowaczyk i Merlak 2014a, Piepiórka-Stepuk 2011].

Surowce i materiały opakowaniowe

Surowce i materiały opakowaniowe powinny spełniać wszystkie kryteria akceptowalności, odpowiednie dla jakości poszczególnych wyrobów gotowych. Kryteria te zakład musi opracować. Należy prowadzić ocenę dostawców surowców, jak również opakowań. Pominięcie tego etapu jest dopuszczalne tylko w przypadku, gdy producent surowców systematycznie przeprowadza adekwatne badania i analizy jakościowe, dysponuje odpowiednią dokumentacją i nie ma wątpliwości odnośnie jego rzetelności [Budzowski 2012]. W przypadku surowców i produktów koniecznie należy wprowadzić identyfikowalność na podstawie odpowiednich dokumentów wskazujących nazwę, numer partii czy kod identyfikacyjny [ISO 22716:2009].

Materiał używany do produkcji opakowań jednostkowych i zbiorczych nie może być źródłem zanieczyszczenia. Opakowania muszą być składowane w taki sposób, aby uniknąć zanieczyszczenia. Powinny mieć oznaczenia zapewniające szybką i jednoznaczną identyfikację zawartości, w tym także dane dostawcy i numer partii. Należy podkreślić, iż opakowania do kosmetyków stanowią jedynie 5% wszystkich opakowań na rynku, w tym większość to opakowania papierowe/tekturowe i z tworzywa sztucznego [Bylak 2020].

Kontrola jakości wody i wyrobu gotowego

Woda. Jednym z kluczowych elementów kontroli stanu higienicznego środowiska wytwarzania produktów kosmetycznych, wynikających z zasad dobrej praktyki produkcyjnej, jest monitorowanie jakości wody na każdym etapie jej użytkowania. W przemyśle kosmetycznym powinna być stosowana wyłącznie woda bieżąca, która musi spełniać wymagania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Należy zapewnić odpowiednie zaopatrzenie w tego rodzaju wodę. Do transportu, mycia i obróbki surowca stosowana jest również woda technologiczna, która jest także składnikiem finalnym produktu kosmetycznego. W Polsce jakość wody reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Zgodnie z rozporządzeniem „woda jest bezpieczna dla zdrowia ludzkiego, jeżeli jest wolna od mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów w liczbie stanowiącej potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, wszelkich substancji w stężeniach stanowiących potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego oraz nie ma właściwości korozyjnych i spełnia podstawowe wymagania mikrobiologiczne". Zgodnie z wymaganiami tego rozporządzenia w 100 ml wody bieżącej nie powinno

być bakterii *Escherichia coli* oraz paciorkowców kałowych (enterokoki). Woda używana do mycia opakowań szklanych powinna zostać zmiękczona, aby zapobiec powstawaniu osadów na powierzchni naczyń. Woda techniczna, używana m.in. do wytwarzania pary, chłodzenia itp., powinna być odprowadzana odrębnym systemem kanalizacyjnym i nie może w żaden sposób łączyć się z odpływami wody technologicznej [Nowaczyk i Merlak 2014b]. Ponadto woda stosowana na produkcji, zarówno ta do celów produkcyjnych, jak i sanitarnych, musi być odpowiedniej jakości. Ważne jest sprawdzenie jakości wody w różnych punktach cyklu produkcyjnego, aby potwierdzić, że jej produkcja (uzdatnianie) oraz dystrybucja w zakładzie przebiega w sposób zapewniający ochronę przed zanieczyszczeniami.

Wyrób gotowy musi spełniać kryteria akceptowalności określone przez zakład produkcyjny. Powinien być magazynowany i wysyłany w sposób zapewniający zachowanie jego jakości. Co ważne, przed wprowadzeniem na rynek musi być poddany kontroli ustalonymi w zakładzie/laboratorium metodami badań. Produkt powinien być poddany kontroli w laboratorium zakładowym, ale także możliwe są badania zlecane na zewnątrz – laboratorium może dodatkowo posiadać akredytację ISO 17025:2017. W czasie kontroli należy stosować procedury badawcze i odnosić się do wymagań odpowiednich norm. Powinny być ustalone zasady pobierania próbek. Co ważne, pobieranie próbek i wykonywanie analiz produktów kosmetycznych musi być przeprowadzone w rzetelny i odtwarzalny sposób. Próbki wyrobów gotowych powinny być przechowywane w określonych warunkach i przez określony czas (data ważności) w wyznaczonych do tego celu strefach. Wielkość próbki powinna umożliwić przeprowadzenie analiz wymaganych przez przepisy prawa. W przypadku, gdy całość lub część partii masy produktu lub wyrobu gotowego nie spełnia określonych kryteriów akceptowalności, personel odpowiedzialny za jakość powinien podjąć decyzję o ich przetworzeniu w celu uzyskania założonej jakości lub utylizacji. Kontrolę przetworzonej masy produktu lub wyrobu gotowego należy przeprowadzić ponownie [ISO 22716:2009, Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009]

Odpady

Powstające odpady należy usuwać terminowo, aby zapobiec ich gromadzeniu, w sposób nienaruszający zasad bezpieczeństwa i higieny. Składowanie odpadów powinno odbywać się w zamykanych (szczelnych) pojemnikach, chyba

że podmiot odpowiedzialny za zakład może udowodnić właściwemu organowi, że inne typy używanych pojemników lub systemy usuwania są właściwe, w dobrym stanie oraz łatwe do czyszczenia i dezynfekcji. Zaleca się również ich odpowiednie oznakowanie.

Należy opracować zasady dotyczące gromadzenia i usuwania odpadów. Wszelkie miejsca gromadzenia odpadów muszą być zaprojektowane i użytkowane w taki sposób, aby można było utrzymywać je w czystości i porządku oraz, w miarę potrzeby, chronić przed dostępem zwierząt i szkodników [Król 2012].

Magazynowanie i transport wyrobów gotowych

Surowce i wyroby gotowe powinny być magazynowane w odpowiednich warunkach, aby zapobiegać ich zepsuciu i chronić je przed zanieczyszczeniem. W każdym zakładzie należy wydzielić oddzielne pomieszczenia do magazynowania surowców, półproduktów, wyrobów gotowych, jak również opakowań. W pomieszczeniach tych należy zapewnić właściwe warunki gwarantujące zachowanie najwyższej jakości kosmetyków:

- odpowiednią temperaturę i wilgotność,
- odpowiednie zabezpieczenie przed szkodnikami,
- właściwą rotację zapasów zgodnie z zasadą „pierwsze przyjęto – pierwsze wydano" (FIFO, z ang. *first in – first out*).

Ponadto pomieszczenia magazynowe powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby umożliwić utrzymanie czystości i porządku. Ważne jest również zapewnienie właściwej ochrony przewożonych produktów kosmetycznych przed ewentualnymi wtórnymi zanieczyszczeniami. Jeśli na którymkolwiek z etapów łańcucha logistycznego kosmetykom nie zapewni się optymalnych warunków przechowywania i transportu, w mniejszym lub większym stopniu stracą one swoje właściwości, będące pierwotnie ich atutem [Uliński 2018].

Reklamacje i wycofania z rynku

Zgodnie z normą ISO 22716 wszystkie reklamacje powinny zostać poddane badaniom i odpowiedniej analizie, na podstawie której zostaną podjęte decyzje o dalszym postępowaniu. W przypadku wycofania z rynku danego produktu proces ten powinien przebiegać w odpowiedni sposób i wiązać się z podjęciem działań korygujących.

Audyt wewnętrzny

Według normy [ISO 22716:2009] audyt to systematyczne i niezależne badanie w celu ustalenia, czy jakość działań i związane z nimi rezultaty są zgodne z zaplanowanymi rozwiązaniami oraz czy rozwiązania te są efektywnie wdrożone i odpowiednie do realizacji celów. Celem audytów wewnętrznych jest monitorowanie przebiegu wdrożenia systemu GMP oraz wprowadzenia działań korygujących w przypadku wystąpienia niezgodności [Król 2012].

Dokumentacja

Każda organizacja zobowiązana jest do utworzenia własnego systemu dokumentacyjnego, który powinien zawierać informacje dotyczące wszelkich działań nawiązujących do wdrożenia i utrzymania systemu. Ważne jest aby procesy przebiegały według ściśle określonych instrukcji i procedur, co gwarantuje wykluczenie wszelkich działań przypadkowych. Prowadzenie poprawnej dokumentacji pozwala na unikniecie błędów mogących zdarzyć się przy przekazywaniu informacji ustnie oraz pozwala odtworzyć historię procesu [Król 2012, Marczewska i Mysłowska 2018].

Sankcje

Zgodnie z obowiązującą Ustawą z dnia 4 października 2018 r. o produktach kosmetycznych, wytwórca produktów kosmetycznych nie przestrzegający zasad dobrej praktyki produkcyjnej podlega karze pieniężnej w wysokości do 50 000 zł. Tej samej karze podlega osoba odpowiedzialna, która nie zapewnia, że produkt kosmetyczny jest wytwarzany z zachowaniem zasad GMP (art. 26).

Podsumowanie

Stosowanie oraz przestrzeganie zasad dobrej praktyki produkcyjnej zgodnie z normą ISO 22716 w środowisku wytwarzania produktów kosmetycznych jest bardzo istotnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa wprowadzanych na rynek wyrobów. Jednakże niezbędne jest jednoczesne uwzględnienie wszystkich omawianych szczegółowych wymagań (stawianych pracownikom, pomieszczeniom, materiałom i wyposażeniu oraz procesom mycia i dezynfekcji) oraz stałe monitorowanie ich przestrzegania.

Bibliografia

Bartosz E., 2019. Środowisko wytwarzania w zakładzie produkującym kosmetyki. Świat Przem. Kosmet. 3, 24–26.

Borowy T., 2014. Higiena produkcji, mycie i odkażanie w przemyśle mleczarskim. Część 1. Przegl. Mlecz. 6, 25–31.

Brycka J., 2014a. Piękno czystości. Część I. Świat Przem. Kosmet. 1, 74–77.

Brycka J., 2014b. Piękno czystości. Część II. Świat Przem. Kosmet. 2, 38–42.

Brycka J., 2014c. Piękno czystości. Część III. Świat Przem. Kosmet. 3, 75–77.

Budzowski A., 2012. Zarządzanie bezpieczeństwem produktów kosmetycznych w świetle nowych przepisów unijnych. Bezp. Teor. Prakt. 4, 23–39.

Bylak P., 2020. Ekotrendy i innowacyjne rozwiązania opakowaniowe w branży kosmetycznej. Świat Przem. Kosmet. 2, 106–109.

Diakun J., 2011. Analiza oddziaływania czynników w procesie mycia instalacji i urządzeń. Inż. Rol. 1(126), 23–29.

Dzwolak W., 2014. Wymagania higieniczne dla budynków i pomieszczeń związanych z przetwórstwem mleka. Prz. Mlecz. 1, 3–15.

Dzwolak W., 2016. Higiena pracowników – dobre praktyki, wymagania prawne i normatywne. Prz. Mlecz. 6, 41–46.

ISO 22716:2009. Kosmetyki. Dobre praktyki produkcji (GMP). Przewodnik dobrych praktyk produkcji.

ISO 17025:2017. Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.

Król J., 2012. Systemy zapewnienia i zarządzania jakością w produkcji żywności. W: Litwińczuk Z. (red.) Towaroznawstwo surowców i produktów zwierzęcych. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Marczewska J., Mysłowska K., 2018. GMP w przemyśle farmaceutycznym. LAB 3, 34–38.

Miszkiewicz J., Woś A., Aleksandrowicz A., 2014. ISO 22716 „Kosmetyki. Dobre praktyki produkcji (GMP). Przewodnik dobrych praktyk produkcji". Wdrożenie normy. Świat Przem. Kosmet. 1, 26–27.

Nowaczyk P., Merlak D., 2014a. Badania mikrobiologiczne powierzchni – kryteria oceny i metodyka badań. Świat Przem. Kosmet. 1, 64–67.

Nowaczyk P., Merlak D., 2014b. Badania mikrobiologiczne wody – kryteria oceny i metodyka badań. Świat Przem. Kosmet. 2, 44–49.

Piepiórka J., Diakun J., 2007. Mycie w systemie CIP. Przem. Spoż. 10, 40-50.

Piepiórka-Stepuk J., 2011. Metody mycia stosowane w przemyśle mleczarskim. Przem. Spoż. 4, 26–30.

Przybylski M., 2020. Walidacja czyszczenia – jak skutecznie panować nad czystością w produkcji kosmetyków? Świat Przem. Kosmet. 2, 20–22.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Poz. 2294).

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań Dobrej Praktyki Wytwarzania (Dz. U. Poz. 1979).

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 852/2004 z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie higieny środków spożywczych (Dz. U. L 139.319).

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009/WE z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczącego produktów kosmetycznych (Dz. U. L 342/59).

Uliński K., 2018. Jak prawidłowo przechowywać i transportować kosmetyki. Świat Przem. Kosmet. 3, 28–30.

Ustawa z dnia 4 października 2018 r. o produktach kosmetycznych (Dz. U. 2018 poz. 2227).

Streszczenie. Stosowanie oraz przestrzeganie zasad dobrej praktyki produkcyjnej w środowisku wytwarzania produktów kosmetycznych jest bardzo istotnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa wprowadzanych na rynek wyrobów. W rozdziale omówiono obszary dobrych praktyk produkcyjnych zgodnie z normą ISO 22716, a w szczególności zakres wymagań stawianych pracownikom, pomieszczeniom i wyposażeniu oraz procesom mycia i dezynfekcji. Tylko stałe monitorowanie warunków produkcyjnych, w tym jakości surowców i stosowanej wody, może ustrzec przed wyprodukowaniem nieodpowiedniej, czyli nieakceptowalnej jakości produktów, które mogłyby stworzyć zagrożenie po wprowadzeniu na rynek.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo kosmetyków, obszary GMP, higiena, kontrola

Wykaz identyfikatorów ORCID autorów

Adam Bownik, https://orcid.org/0000-0003-3623-838X
Małgorzata Bożek, https://orcid.org/0000-0001-9937-0500
Aneta Brodziak, https://orcid.org/0000-0002-8439-796X
Agnieszka Buczaj, https://orcid.org/0000-0001-7666-8929
Mirosława Chwil, https://orcid.org/0000-0001-5912-5324
Andrzej Demetraki-Paleolog, https://orcid.org/ 0000-0003-4481-1510
Bożena Denisow, https://orcid.org/0000-0001-6718-7496
Marta Dmitruk, https://orcid.org/0000-0001-9930-0633
Piotr Domaradzki, https://orcid.org/0000-0002-6917-571X
Mariusz Florek, https://orcid.org/0000-0003-0941-1714
Robert Gruszecki, https://orcid.org/0000-0001-7108-1854
Barbara Hawrylak-Nowak, https://orcid.org/0000-0002-2935-1491
Anna Kaczorowska, https://orcid.org/0000-0002-2967-4266
Agnieszka Kaliniak-Dziura, https://orcid.org/0000-0003-2003-1974
Monika Kędzierska-Matysek, https://orcid.org/0000-0001-8870-7868
Zbigniew Kobus, https://orcid.org/0000-0003-2155-1090
Agata Konarska, https://orcid.org/0000-0003-2174-7608
Marek Kowalczyk, https://orcid.org/0000-0003-0631-4468
Jolanta Król, https://orcid.org/0000-0002-6289-3153
Marzena Masierowska, https://orcid.org/0000-0003-0527-9779
Renata Matraszek-Gawron, https://orcid.org/0000-0003-0581-0750
Tomasz Mieczan, https://orcid.org/0000-0003-2839-1798
Anna Pecyna, https://orcid.org/0000-0003-2569-4371
Katarzyna Rubinowska, https://orcid.org/0000-0002-8962-3452
Joanna Sender, https://orcid.org/0000-0003-3126-5645
Piotr Skałecki, https://orcid.org/0000-0001-9383-1863
Anna Stępniowska, https://orcid.org/0000-0003-2424-8935
Aneta Sulborska-Różycka, https://orcid.org/0000-0002-7720-0719
Agnieszka Szczurowska, https://orcid.org/0000-0003-3085-0156
Magdalena Szydłowska-Tutaj, https://orcid.org/0000-0002-2684-9139
Anna Teter, https://orcid.org/0000-0001-7808-8768
Magdalena Toporowska, https://orcid.org/0000-0002-2653-9376
Barbara Topyła, https://orcid.org/0000-0002-0887-3805
Krzysztof Tutaj, https://orcid.org/0000-0002-3742-3715
Magdalena Walasek-Janusz, https://orcid.org/0000-0002-7085-2212
Ewa Dorota Zalewska, https://orcid.org/0000-0001-7445-9808
Grażyna Zawiślak, https://orcid.org/0000-0002-4332-8394
Monika Ziomek, https://orcid.org/0000-0002-1332-4026