

Justyna Ciećko , Adrianna Romańska , Martyna Moryl , Joanna Kaczmarczyk ,
Piotr Domaradzki , Marek Kowalczyk 

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki

Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych

WYBRANE SKŁADNIKI AKTYWNE W PRZECIWSTRZENIOWYCH PREPARATACH KOSMETYCZNYCH

ACTIVE INGREDIENTS IN THE ANTI-AGING COSMETIC FORMULATIONS

ABSTRACT

The aging processes start in the third decade of life, and the intensity of their course depends on the many factors, both endogenous (genetic conditions or changes in the hormonal economy) and exogenous factors (UV radiation, poor diet, smoking, or sleep deprivation). The symptoms of skin aging include loss of elasticity and thickness of the skin, reduced synthesis of building components of the dermis, a decrease in the activity of sebaceous glands and a decrease in the amount of hyaluronic acid produced by fibroblasts, as well as a decrease in the skin's pH value and its level of hydration.

To reduce the disadvantageous changes, triggered by aging, it is important to both prevent and influence the visible effects of these processes through the use of appropriate care. In addition to an appropriate lifestyle, an important aspect of the reducing aging changes is the use of appropriate anti-aging cosmetics with a composition that ensures proper lubrication, hydration and protection of the skin.

Individual elements of anti-aging care depend on personal preferences, but one of the most popular preparations used in the care of mature skin are anti-wrinkle creams. Contemporary cosmetology formulations are based either on raw materials of animal origin (bee pollen, peptides obtained from milk, snail mucus containing allantoin), plant origin (bakuchiol isolated from seed extract of *P. corylifolia*, spirulin obtained from algae) and microbiological origin (yeast hydrolysates, probiotic preparations). The particular components may display anti-aging effects as a result of the operation of several mechanisms. Ingredients with antioxidant activity, such as flavone compounds, inhibit photoaging processes and limit the course of radical processes. Protein hydrolysates of collagen or elastin stimulate the proliferation of keratinocytes, reduce the effects of photoaging processes and improve the structure of collagen fibrils in skin cells.

The growing awareness and requirements of consumers, a better understanding of the action of bioactive ingredients and the aging processes themselves, lead to the development of new cosmetic formulas. Taking into account the dynamics of these changes, it is important to know the available components, their mechanisms of action and the possibility of using them in cosmetic formulas. The aim of the study is to present the causes of skin aging and to review selected cosmetic ingredients and active substances derived from them.

KEY WORDS: skin aging, photoaging, bioactive compounds, cosmetic ingredients.

STRESZCZENIE

Procesy starzenia zwykle rozpoczynają się już w trzeciej dekadzie życia, a intensywność ich przebiegu zależy od wielu czynników, zarówno endogennych (uwarunkowania genetyczne czy zmiany w gospodarce hormonalnej) jak i od czynników egzogennych (promieniowanie UV, niewłaściwa dieta, palenie papierosów, czy niedobór snu). Do objawów starzenia się skóry zalicza się między innymi utratę elastyczności oraz grubości skóry, zmniejszoną syntezę składników budulcowych skóry właściwej, spadek aktywności gruczołów łojowych, zmniejszenie ilości wytwarzanego przez fibroblasty kwasu hialuronowego a także obniżenie pH skóry oraz poziomu jej nawilżenia.

Przy niwelowaniu zmian starzeniowych istotna jest zarówno profilaktyka, jak i odpo-

wiednio wczesne reagowanie na zauważalne efekty tych procesów. Oprócz odpowiedniego stylu życia, istotnym aspektem walki ze zmianami starzeniowymi jest stosowanie właściwych kosmetyków przeciwstarzeniowych o składzie zapewniającym właściwe natłuszczenie, nawilżenie oraz ochronę skóry.

Poszczególne elementy pielęgnacji przeciwstarzeniowej zależą od osobistych preferencji, jednak jednym z najpopularniejszych stosowanych preparatów przy pielęgnacji skóry dojrzałej są kremy przeciwzmarszczkowe. Współczesna kosmetologia często bazuje na naturalnych surowcach zarówno pochodzenia zwierzęcego (pyłek pszczeleli, peptydy pozyskiwane z mleka, zawierający alantoinę śluz ślimaka), roślinnego (bakuchiol otrzymywany z nasion *P. corylifolia*, spirulina pozyskiwana z alg), jak i mikrobiologicznego (hydrolizaty drożdży, preparaty probiotyczne). Poszczególne komponenty mogą wykazywać działanie przeciwstarzeniowe w wyniku działania kilku mechanizmów. Składniki o działaniu antyoksydacyjnym, takie jak związki flawonowe, hamują procesy fotostarzenia i ograniczają przebieg procesów rodnikowych. Hydrolizaty białek takich jak kolagen czy elastyna stymulują proliferację keratynocytów, redukują efekty procesów fotostarzenia oraz poprawiają strukturę fibryli kolagenowych w komórkach skóry.

Z jednej strony rosnąca świadomość i wymagania konsumentów, lepsze zrozumienie działania składników bioaktywnych jak i samych procesów starzenia, prowadzą do powstawania nowych formuł kosmetycznych. Biorąc po uwagę dynamikę tych zmian, ważna jest znajomość dostępnych komponentów, mechanizmów ich działania oraz możliwości wykorzystania w recepturach kosmetycznych. Celem pracy jest przegląd wybranych surowców kosmetycznych oraz obecnych w nich substancji bioaktywnych wykorzystywanych w różnych typach kosmetyków przeciwstarzeniowych.

SŁOWA KLUCZOWE: starzenie skóry, fotostarzenie, składniki bioaktywne, surowce kosmetyczne.

WSTĘP

Skóra stanowi jeden z największych oraz najważniejszych narządów tworzących ludzki organizm. Składa się z trzech wyodrębnionych warstw (naskórka, skóry właściwej oraz tkanki podskórnej), różniących się między sobą pochodzeniem, budową histologiczną oraz grubością. Podstawową funkcją skóry jest ochrona organizmu przed niekorzystnym wpływem środowiska zewnętrznego. Ponadto odpowiada za prawidłowy odbiór bodźców, termoregulację oraz mechanizmy obronne układu odpornościowego (Cao et al., 2020).

Skóra jest narażona na szereg czynników fizycznych (promieniowanie UV, temperatura), chemicznych (dym papierosowy, ksenobiotyki), czy też biologicznych (roztocza, wirusy, bakterie), które mogą wpływać na jej stan, trwałość i wygląd, a także przyspieszać procesy starzenia, które fizjologicznie rozpoczynają się już w trzeciej dekadzie życia człowieka (Park, 2022). Nadmierna ekspozycja na określone czynniki powoduje akumulację uszkodzeń komórkowych, zmniejszenie zdolności organizmu do samoregeneracji, a w konsekwencji nie tylko inicjuje procesy starzenia się skóry, ale także indukuje

wystąpienie stanów patologicznych: od podrażnień aż po nowotwory skóry (Resich-Koziół and Niemyska, 2020). Celem pracy jest przedstawienie czynników wpływających na przebieg procesów starzenia się skóry oraz scharakteryzowanie składników aktywnych, wykorzystywanych w przeciwstarzeniowych preparatach kosmetycznych.

GENETYCZNE UWARUNKOWANIA PROCESÓW STARZENIA SIĘ SKÓRY

Oprócz czynników środowiskowych, na tempo zmian w skórze wpływa podłoże genetyczne, które jest między innymi efektem polimorfizmów genetycznych, głównie typu SNP (Single Nucleotide Polymorphism). Rozwój wysokoprzepustowych technik sekwencjonowania genomów, tak zwane technologie NGS (Next-Generation Sequencing) generują dużą ilość danych, które po analizie bioinformatycznej pozwalają na lepsze zrozumienie genetycznego podłoża wielu cech fenotypowych. W przypadku skóry, znaczna część badań dotyczy genów związanych z pigmentacją (Kayser, 2015). Poszczególne genotypy mogą prowadzić do różnych efektów fenotypowych, także tych związanych z procesami

starzenia się skóry. Wśród genów wskazanych przez autorów są zarówno geny związane z utrzymaniem elastyczności skóry, tj. metaloproteiny macierzy komórkowej - matrix metalloproteinase-1 (MMP-1), matrix metalloproteinase-9, (MMP-9); geny kodujące enzymy antyoksydacyjne – dysmutaza ponadtlenkowa - superoxide dismutase-2 (SOD2), katalaza - catalase (CAT), czy decydujące o odpowiednim uwodnieniu skóry akwaporyny – Aquaporin-3 (AQP3) (Naval et al., 2014). Autorzy analizując polimorfizmy w grupie 120 kobiet, wyróżnili 10 grup genotypowych, wykazujących zróżnicowane tendencje do starzenia się skóry. Podobne badania na większej liczbie osób (502 kobiety z populacji chińskiej) przeprowadzili Gao et al. (2017), którzy dokonali analizy 530 polimorficznych nukleotydów. Badacze wskazali na statystycznie istotną zależność między polimorfizmem w eksonie genu AHR (Aryl Hydrocarbon Receptor), a formowaniem się zmarszczek w okolicach oczu, popularnie nazywanych „kurzymi łapkami” oraz SNP w intronie genu BNC2 (Basonuclin-2), a występowaniem przebarwień skóry (Gao et al., 2017). Do genów potencjalnie związanych z indukcją procesów starzenia zaliczane są między innymi czynniki transkrypcyjne, takie jak FOXO1, geny kodujące białka cytoszkieletu, czy macierzy zewnątrzkomórkowej (Makrantonaki et al., 2012). Badania przeprowadzone na 856 bliźniętach płci żeńskiej (w tym 336 bliźniętach – jedno- i 520 dwujajowych), w wieku 39-85 lat, wykazały że zmiany w ekspresji dotyczą ponad 1400 genów, wykazujących związek ze stanem skóry. Co ciekawe, wiele z genów, których ekspresja zmienia się wraz z wiekiem, jest także związanych ze szlakami, których zaburzenie prowadzi do procesów kancerogenezy, m.in. geny, regulujące proces apoptozy, np. geny TP53, AIP1, czy TPP1, należące do szlaku regulacyjnego białka p53 (Glass et al., 2013).

Zmiany starzeniowe skóry mogą wynikać nie tylko z upływu czasu, ale mogą być także indukowane przez czynniki środowiskowe, które wchodzi w interakcje z genomem. Niewłaściwy styl życia, dieta, ekspozycja na światło UV i czynniki chemiczne mogą indukować ekspresję kolagenaz i przyspieszać starzenie się skóry. Z kolei bioaktywne peptydy mogą stymulować fi-

broblasty do syntezy kolagenu, elastyny, przez co procesy starzenia są spowalniane. Interakcjami między genomem a czynnikami środowiskowymi, trybem życia i dietą zajmuje się epigenetyka (He et al., 2022; Potekaev et al., 2021).

WPŁYW CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA STARZENIE SIĘ SKÓRY

Istotny wpływ na procesy starzenia się skóry mogą wywierać także czynniki zewnętrzne. Chociaż do tej grupy czynników zaliczyć można między innymi niewłaściwą dietę, bogatą w tłuszcze nasycone oraz produkty przetworzone, palenie papierosów czy niedobór snu to główną przyczyną nasilenia niekorzystnych zmian jest promieniowanie ultrafioletowe (UV). Fotostarzenie zależne jest od stopnia ekspozycji na słońce oraz naturalnego pigmentu skóry. Osoby z jasną karnacją spędzające wolny czas na świeżym powietrzu bez odpowiedniej ochrony są szczególnie narażone na uszkodzenia tkanki nabłonkowej (Fisher et al., 2002). Dlatego też do skutecznych metod przeciwdziałania negatywnemu wpływowi promieniowania UV zalicza się unikanie bezpośredniej ekspozycji na promienie słoneczne oraz stosowanie filtrów przeciwsłonecznych (Wang et al., 2010). Promieniowanie UV wpływa bowiem na propagację procesów oksydacyjnych, które uszkadzają materiał genetyczny oraz molekuly takie jak lipidy i białka (Debacq-Chainiaux et al., 2012).

Nadmierne generowanie wolnych rodników, połączone z zaburzeniami mechanizmów antyoksydacyjnych, prowadzi do zaburzeń homeostazy organizmu, a w konsekwencji do stresu oksydacyjnego powodującego upośledzenie procesów naprawczych (Poljšak and Dahmane, 2012). Skutkiem tego może być wystąpienie przedwczesnych objawów starzenia się skóry a nawet rak skóry (Poljšak et al., 2012). Należy jednak podkreślić, że wolne rodniki, chociaż często kojarzone negatywnie, w organizmie pełnią wiele istotnych funkcji, gdyż stanowią ważny element i mediator licznych procesów fizjologicznych: wpływają na transkrypcję genów, zaprogramowaną śmierć komórek (apoptozę) oraz sprzężenie oksydacyjno-fosforylacyjne, będące głównym źródłem energii dla komórek organizmu. Rodnik tlenu azotu bierze udział w procesach sygnali-

zacyjnych zachodzących w praktycznie każdej komórce, ponadto służy jako neuroprzebiegacz oraz wpływa na agregację płytek krwi (Fang et al., 2002). Na poziomie fizjologicznym wolne rodniki pełnią zatem funkcję regulacyjną oraz sygnalizacyjną, jednak ich wysoka reaktywność prowadzić może do utleniania obecnych w skórze makromolekuł takich jak białka i lipidy, co skutkuje nieodwracalnym uszkodzeniem komórek (Jaganjac et al., 2022).

Przy redukowaniu i opóźnianiu symptomów starzenia się skóry, kluczowe znaczenie ma odpowiedni styl życia, w tym zwłaszcza sposób odżywiania wywierający istotny wpływ na funkcjonowanie skóry. Określone produkty mogą poprawić kondycję cery, ale także przyspieszać procesy starzenia. Nadmierne spożywanie produktów bogatych w cukry, niejednokrotnie poddawanych smażeniu czy grillowaniu skutkuje odkładaniem się dużej ilości wody w organizmie oraz generuje powstawanie (w procesie glikacji) egzogennych cząsteczek AGE (Advanced Glycation End-Products), wpływających na rozkład białek strukturalnych skóry, a tym samym na powstawanie zmarszczek (Dudek i Borysławski, 2016). Szczególnie niepożądanym rodzajem obróbki termicznej żywności, z punktu widzenia kondycji skóry jest smażenie, w wyniku którego dochodzi do oksydacji lipidów, co prowadzi do powstawania wysoce reaktywnych produktów ubocznych takich jak dialdehyd malonowy (MDA) czy akroleina (Cao et al., 2020; Singh et al., 2010).

Antyoksydanty stanowią najważniejszy mechanizm obrony przed niekorzystnym działaniem wolnych rodników (Poljšak et al., 2013). Jednak właściwe ich działanie jest zagwarantowane tylko wtedy, gdy znajdują się w odpowiednim stężeniu, w miejscu inicjacji stresu oksydacyjnego. Dieta bogata w produkty zawierające antyoksydanty, m.in. resweratrol, luteinę czy witaminy A, C i E wpływa na usuwanie nadmiaru wolnych rodników z organizmu (Draelos, 2013). Równocześnie należy zadbać o optymalny poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, zwłaszcza NNKT (Niezbędnych Nienasyconych Kwasów Tłuszczowych), do których należą między innymi kwas alfa-linolenowy (C18:3 n-3) i kwas linolowy (C18:2 n-6). Dla prawidłowego funkcjonowania organizmu, proporcja spożywanych kwasów n-

6 do n-3 powinna zawierać się w przedziale od 2,5:1 do 5:1 i bezwzględnie nie przekraczać 10:1 (Łoźna et al., 2012; Marciniak-Łukasiak, 2011).

Oprócz diety znaczący wpływ na procesy starzeniowe mogą wywierać także używki, takie jak np. papierosy. Palenie papierosów w połączeniu z nadmierną ekspozycją na słońce wpływa na uszkodzenie skóry, zwiększenie jej suchości oraz przyspieszone powstawanie zmarszczek (Seitz et al., 2012). W składzie dymu papierosowego stwierdzono obecność reaktywnych form tlenu i azotu oraz substancji rakotwórczych, m.in. 4-(metylnitrozoamino)-1-(3-pirydylo)-1-butanon (NNK) czy benzo(a)piren. Substancje te wpływają na zwiększoną przetranskorkową utratę wody oraz wzrost produkcji metaloproteinaz macierzy (Drakaki et al., 2014). U osób palących często obserwuje się charakterystyczne zmiany skórne takie jak: fioletowo-pomarańczowe przebarwienia, przedwczesne pojawienie się zmarszczek, szare zabarwienie skóry oraz typowe ułożenie zmarszczek na twarzy (Puizina-Ivić, 2008).

Czynnikami, które mogą indukować procesy starzenia są także sytuacje stresowe oraz nieodpowiednia ilość snu. Przewlekły stres negatywnie wpływa na prawidłowe funkcjonowanie układu odpornościowego oraz ogranicza zdolność organizmu do samoregeneracji, a w połączeniu ze stanami zapalnymi wywiera negatywny wpływ na funkcjonowanie fibroblastów oraz keratynocytów, co powoduje nasilenie procesów starzeniowych skóry (Dunn and Koo, 2013). Jednakże, podobnie jak w przypadku wolnych rodników, niewielkie ilości stresu są pożądane, bowiem przyczyniają się do nasilonej produkcji białek regenerujących, czynników wzrostu oraz enzymów antyoksydacyjnych, m.in. peroksydazy glutationowej. Zjawisko to jest przykładem hormezy, gdzie dany czynnik w niewielkich dawkach ma działanie terapeutyczne i pobudza mechanizmy przeciwstarzeniowe w skórze (Mattson, 2008). Równie istotny wpływ na regenerację organizmu ma prawidłowa jakość oraz ilość snu. Odpowiedniej jakości sen sprzyja odbudowie uszkodzeń spowodowanych między innymi działaniem promieniowania UV na skórę (Oyetakin-White et al., 2013). Z kolei zbyt mała ilość snu powoduje zwiększoną przepuszczalność naskórka, a tym samym narażenie organizmu na działanie czynni-

ków zewnętrznych (Krutmann et al., 2017).

Wpływ czynników endogennych i egzogennych, indukujących starzenie się skóry na poziomie molekularnym, przekłada się na widoczne zmiany histopatologiczne i kliniczne. Dostrzegalnymi symptomami procesów starzenia są między innymi zmarszczki, początkowo płytkie (sięgające do 0,05 mm), które wraz z postępującym wiekiem biologicznym pogłębiają się, tworząc bruzdy zwłaszcza na policzkach, czole i szyi. Ponadto, w trakcie starzenia się skóry następuje utrata wody, spada produkcja ceramidów, zaburzona jest także jej warstwa lipidowa, co w efekcie prowadzi do przesuszenia skóry oraz jej łuszczenia (Resich-Kozieł and Niemyska, 2020). Degradacja włókien kolagenowych i elastyny sprawia, że skóra staje się cienka, zwiotczała i mniej elastyczna, ponadto na skutek interakcji i grupowania keratynocytów z melanocytami, dochodzi do zaburzeń pigmentacji, które manifestuje się w postaci plam starczych (Resich-Kozieł and Niemyska, 2020; Pawlaczyk et al., 2011). Wymienione powyżej objawy procesów starzenia warunkują potrzebę stosowania odpowiednio dobranych zabiegów i preparatów, które spowalniają przebieg niekorzystnych zmian (Pawlaczyk et al., 2011).

OGRANICZANIE ZMIAN STARZENIOWYCH

W celu zapewnienia skórze młodego wyglądu oraz zniwelowania istniejących już zmian starzeniowych, kobiety i mężczyźni coraz częściej decydują się na profesjonalne zabiegi kosmetyczne. Popularnością cieszą się peelingi chemiczne stymulujące komórki skóry do regeneracji, wypełniacze tkankowe takie jak kwas hialuronowy, wypełniające zmarszczki mimiczne oraz niwelujące problem pozbawionej jędrności skóry, a także nici modelujące korzystnie oddziałujące na zwiotczałą skórę (Grządziel and Goździalska, 2022; Kołaczek, 2015). Do zabiegów proponowanych przy przebarwieniach starczych zalicza się między innymi peelingi chemiczne, terapię światłem impulsowym IPL oraz mikrodermabrazję. Skuteczność tych metod uzależniona jest m.in. od liczby sesji zabiegowych oraz stopnia zaawansowania zmian starzeniowych (Lizak et al., 2018). W przypadku niwelowania zmian hiperpigmentacyjnych, możliwe jest także sto-

sowanie miejscowe preparatów, zawierających między innymi retinoidy, resweratrol, czy sylimarynę (Engler-Jastrzębska et al., 2019; Rosseti et al., 2011).

Oprócz zabiegów wykonywanych w salonach kosmetycznych oraz gabinetach medycyny estetycznej, istotne znaczenie ma codzienna pielęgnacja skóry, a w szczególności stosowanie odpowiednich kosmetyków przeciwstarzeniowych, których wdrożenie powinno się odbyć już w momencie zaobserwowania pierwszych zmian starzeniowych. Receptura kosmetyku powinna być ściśle dopasowana i uwzględniać potrzeby starzejącej się skóry poprzez dobór odpowiednich składników aktywnych. Stąd też preparaty w swoim składzie powinny zawierać substancje zapobiegające nadmiernej utracie wody przez naskórek, stymulujące produkcję kolagenu oraz elastyny, chroniące skórę przed niekorzystnym wpływem środowiska zewnętrznego oraz zapewniające jej odpowiednie nawilżenie i odżywienie (Kołaczek, 2015). Skuteczność ich działania uzależniona jest od właściwego stężenia, odpowiedniej inkorporacji związku w nośnik oraz odpowiedniej aplikacji kremu na skórę (Kozioł, 2020). Na efektywne działanie preparatów kosmetycznych wpływa także odpowiednia bioprzyzwajalność składników, pozwalająca na ich przenikanie do miejsc docelowych. Jednym z istotnych czynników ograniczających możliwość działania substancji aktywnej jest zbyt duża wielkość cząsteczki, uniemożliwiająca wnikanie do głębszych warstw skóry, przyjmuje się, że cząsteczki o rozmiarze ponad 500kDa, nie są w stanie przenikać przez barierę skórną (Musiał, 2021). Wspomniany problem może występować w przypadku związków takich jak niektóre białka, czy wielocząsteczkowy kwas hialuronowy, które wykazują działanie powierzchniowe. W celu dostarczenia substancji do głębszych warstw, stosowane są modyfikacje chemiczne, takie jak hydroliza stosowana w przypadku komponentów białkowych, dodawanie solubilizatorów, promotorów wchłaniania, bądź też umieszczanie składników aktywnych na nośnikach, takich jak cyklodekstryny czy liposomy, które wykazują wysokie powinowactwo do błon biologicznych (Jajuga et al., 2020; Wolski and Kędzia, 2019).

W zależności od wieku konsumenta,

skład rekomendowanych kremów ulega zmianie. Wpływ na to ma stopień zaawansowania zmian starzeniowych oraz ich tempo postępu. Kremy przeznaczone dla cery 20+ i 30+ powinny charakteryzować się lekką formułą oraz działać nawilżająco i opóźniać powstawanie pierwszych zmarszczek. Wraz z wiekiem można zaobserwować zmniejszanie się grubości naskórka w miejscach takich jak dłonie czy policzki (Vergilio et al., 2021). Ze względu na to, kremy przeznaczone dla osób w przedziale wiekowym 40-70 zawierają w swoim składzie emolienty oraz składniki odżywcze takie jak peptydy czy kwas hialuronowy, w wyższym stężeniu, a co za tym idzie efektywniejszym działaniu. Przy pielęgnacji przeciwstarzeniowej większą skuteczność obserwuje się w przypadku kremów będących emulsjami typu woda w oleju (W/O) niż olej w wodzie (O/W), ponieważ efekt odżywienia i nawilżenia po ich zastosowaniu jest bardziej długotrwały (Schreml et al., 2014).

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH SKŁADNIKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH ZAWARTYCH W KOSMETYKACH PRZECIWSTRZENIOWYCH

Jednym z najczęściej stosowanych substancji w preparatach przeciwzmarszczkowych jest kolagen, który stanowi około 30% wszystkich białek w organizmie. Zbudowany jest głównie z takich aminokwasów jak prolina, hydroksyprolina, glicyna i hydroksylizyna (Nowicka-Zuchowska and Zuchowski, 2019). Wyróżnić można 29 typów kolagenu, z czego typ I jest dominujący w skórze dorosłego człowieka (stanowiąc 85-90% wszystkich typów kolagenu), zaś typ III w skórze noworodków oraz w strukturze blizn. Wraz z dojrzewaniem ludzkiego organizmu, typ III odpowiadający za sprężystość skóry oraz strukturę kolagenu I, stopniowo jest zastępowany typem I odpowiedzialnym za wytrzymałość tkanek (Żelaszczyk et al., 2012). W strukturze kolagenu, obserwuje się obecność potrójnej helisy, która stanowi wspólną cechę wszystkich typów kolagenów. Zadaniem tego białka jest nadanie tkankom stabilności poprzez wytwarzanie sieci podporowych w całej ich strukturze, ponadto wpływa ono na poziom nawilżenia skóry (Nowicka-Zuchowska and Zuchowski, 2019). Wraz

z postępującym starzeniem organizmu, struktura kolagenu ulega stopniowej degradacji, co wpływa na utratę właściwej struktury skóry. Następuje zwiększenie ilościowego udziału kolagenu typu III oraz wzrost stężenia metaloproteinaz macierzy zewnątrzkomórkowej odpowiedzialnych za rozkład tego białka. Ze względu na fakt, iż synteza kolagenu ulega znacznemu spowolnieniu już po 25 r.ż., a po 60 r.ż. procesy te ulegają całkowitemu zahamowaniu (Nowicka-Zuchowska and Zuchowski, 2019), szczególnie ważne jest dostarczanie skórze egzogenego kolagenu. Przy produkcji kosmetyków, najczęściej wykorzystywany jest kolagen typu I, ze względu na wysoką kompatybilność z ludzką skórą. Jest to zarówno kolagen syntetyczny, jak i pozyskiwany ze zwierząt – zarówno ssaków, jak i gatunków morskich. Badania wykazały, że kremy z dodatkiem kolagenu ekstrahowanego z ssaków oraz kremy z kolagenem pozyskiwanym z gąbki morskiej wykazują podobne działanie na produkcję sebum, nawilżenie oraz pH skóry (Sionkowska et al., 2016). Ze względu na jego nierozpuszczalność w wodzie, przy opracowywaniu receptury wykorzystywana jest głównie zhydrolizowana forma kolagenu (Mitura et al., 2020). Proces hydrolizy wpływa na zmniejszenie wielkości molekuł, tym samym determinuje jego lepszą rozpuszczalność oraz niższą lepkość w środowisku wodnym, w porównaniu z natywnym kolagenem (León-López et al., 2019). Badania wykazały istotny wpływ hydrolizatów kolagenowych na syntezę kolagenu typu I przez fibroblasty skóry (Sanchez et al., 2018). Ponadto, dodatek tego białka do kremów wpływa na prawidłowe nawilżenie skóry poprzez zmniejszenie transepidermalnej utraty wody oraz zmniejszenie się widoczności zmarszczek (Rodríguez et al., 2018).

Składnikiem kremów przeciwzmarszczkowych, który odpowiada za sprężystość i elastyczność skóry jest elastyna. Stanowi ona jedno z białek strukturalnych skóry, produkowanych przez fibroblasty. W przeciwieństwie do kolagenu, nie zawiera hydroksylizyny, zaś hydroksyprolina stanowi niewielki procent aminokwasów wchodzących w jej skład. W swojej strukturze elastyna zawiera również desmozynę i izodesmozynę, nadające jej charakterystyczne właściwości mechaniczne. Silnie usieciowane włókna elastynowe

tworzy tropoelastyna (Załoski, 2009).

Elastyna charakteryzuje się relatywnie długim okresem półtrwania wynoszącym ponad 70 lat, jednakże w miarę upływu czasu następują zmiany w jej strukturze zaburzające pierwotne funkcje białka (Heinz, 2020). Na zmiany we włóknach elastyny silny wpływ mają promieniowanie UV, zanieczyszczenia środowiska oraz dym papierosowy. Nadmierna ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe powoduje deformację przestrzennego ułożenia włókien w warstwie siateczkowej i brodawkowej skóry (Załoski, 2009). Fotostarzenie powoduje zaburzenie aktywności elastazy, co z kolei prowadzi nie tylko do uszkodzeń strukturalnych elastyny, ale i do uwalniania elastokin. Są to bioaktywne peptydy, równoważące procesy zachodzące w komórkach, takie jak adhezja i apoptoza. Nieprawidłowości w aktywności elastazy w połączeniu z działaniem elastokin prowadzą nie tylko do przyspieszenia objawów starzenia, ale również do wystąpienia stanów patologicznych w organizmie takich jak miażdżyca czy rozedma płuc (Heinz, 2020).

Przy produkcji kosmetyków wykorzystywana jest elastyna w formie kremowego proszku, mającego zdolność do rozpuszczania się zarówno w wodzie, jak i alkoholu. Masa cząsteczkowa hydrolizatu waha się od 3000 do 4000 Da. Elastyna stosowana jest przy produkcji odżywek i masek do włosów oraz preparatów do pielęgnacji cery. Stosowana jest przy opracowywaniu formułacji kremów przeciwzmarszczkowych jako środek kondycjonujący i odżywiający skórę. Elastyna przyczynia się do wygładzenia zmarszczek oraz uelastycznienia struktury skóry i poprawy ogólnego wyglądu. Jednocześnie zapewnia odpowiedni poziom jej nawilżenia (Kamaruzaman and Yusop, 2021).

Białka takie jak kolagen czy elastyna są nie tylko cennym surowcem kosmetycznym, ale też substratem do syntezy bioaktywnych peptydów, które stanowią coraz ważniejszy komponent współczesnych kosmetyków. Aktualnie peptydy są głównie wykorzystywane w produkcji żywności funkcjonalnej, a ich bezpieczeństwo zostało potwierdzone przez FDA (Ahmed et al., 2022). Uznano, że hydrolizaty białkowe zawierające aktywne peptydy mogą być zaliczone do produktów GRAS – Generally Recognised as Safe.

Wielokierunkowe działanie obejmujące między innymi aktywność antyoksydacyjną, działanie przeciwzapalne, czy przeciwdrobnoustrojowe sprawiło, że bioaktywne peptydy stały się coraz chętniej wykorzystywanym składnikiem kosmetyków, także tych wykazujących działanie przeciwstarzeniowe (Aguilar-Toalá et al., 2019). Bioaktywne peptydy mogą być uzyskiwane na kilka sposobów między innymi w procesach fermentacji prowadzonych przez bakterie z rodzajów *Lactobacillus* i *Bacillus* (Alvarado Pérez et al., 2019; Elfahri et al., 2016) lub poprzez procesy enzymatycznej hydrolizy prowadzonej *in vitro* przy udziale takich enzymów jak: papaina, tripsyna, czy pepsyna (Aguilar-Toalá et al., 2019).

Peptydy bioaktywne mogą wykazywać działanie antyoksydacyjne, a tym samym zmniejszać stres oksydacyjny. Przykładem takiego związku jest deka-peptyd (SDITRPGGQM), występujący w hydrolizacie z białek glonów *Palmaria palmata*, wykazujący aktywność antyoksydacyjną w warunkach *in vitro* (Harnedy et al., 2019). Do tej grupy należy również zaliczyć peptydy, powstające na skutek enzymatycznego rozkładu białek mleka (Aguilar-Toalá et al., 2017), jaj (Nimalaratne et al., 2015), ryżu (Taniguchi et al., 2017) czy tkanek rybich (Oba et al., 2013).

Przykładem hydrolizatów białkowych wykorzystywanych w kosmetologii jest także hydrolizat kolagenu. Badania na myszach, których skóra była podrażniana promieniowaniem UV wskazały, że peptydy zawarte w hydrolizowanym kolagenie z rybiej skóry i łusek poprawiały nawodnienie i elastyczność skóry, zapewniały wyższą aktywność antyoksydacyjną oraz ograniczały transepidermalną utratę wody (Duteil et al., 2016; Oba et al., 2013). Efekt przeciwstarzeniowy peptydów może wynikać również z ich zdolności do regulacji procesów syntezy i degradacji kolagenu, elastyny i kwasu hialuronowego. Wyniki badań Han et al. (2019) wskazały, że hydrolizaty białek z ostryg (*Crassostrea gigas*) zmniejszały ekspresję metaloproteinaz, tym samym hamując procesy degradacji macierzy zewnątrzkomórkowej, wynikającej między innymi z aktywności kolagenaz, hialuronidaz czy elastaz (Aguilar-Toalá et al., 2019). Ponadto Zague et al. (2018) potwierdzili, że peptydy z kolagenu pozyskiwanego ze skóry bydłowej nie tylko hamują procesy degradacji, ale

mogą też stymulować syntezę kolagenu typu I i IV.

Wzrost produkcji kolagenu i włókien elastynowych może być też efektem pobudzenia fibroblastów przez peptydy sygnałowe, które mogą także działać jako czynnik wzrostu dla komórek. Komercyjnie dostępnym peptydem jest ester oligopeptydu i kwasu palmitynowego - oligopeptyd palmitylu, który przenika do głębszych warstw skóry stymulując w nich produkcję kolagenu i kwasu hialuronowego, przyspieszając regenerację skóry i zwiększając jej elastyczność (Pai et al., 2017). Wśród peptydów wprowadzonych na rynek kosmetyczny na uwagę zasługują neuropeptydy, których zadaniem jest nie tyle opóźnienie procesów starzeniowych, co raczej przeciwdziałanie już istniejącym zmianom. Przykładem neuropeptydu, który ma potencjalne zastosowanie w preparatach przeciwstarzeniowych jest pentapeptyd-3 (GPRPA), znany pod komercyjną nazwą Vialox, którego sekwencja bazuje na sekwencji peptydu izolowanego z jadu węży. Vialox wiąże się z receptorami acetylocholino, hamując przekazywanie neuroprzekazników do mięśni, tym samym ograniczając możliwość ich skurczu. Osiągany efekt jest zbliżony do działania toksyny botulinowej. Badania potwierdzają, że GPRPA stosowany dwa razy dziennie przez miesiąc redukuje głębokość zmarszczek o niemal 50% (Rizzi et al., 2021; Gorouhi and Maibach, 2009).

Kolejnym istotnym składnikiem kremów przeciwzmarszczkowych wpływającym na wygląd skóry jest kwas hialuronowy. Związek ten należy do grupy glikozaminoglikanów. Jego strukturę tworzą powtarzające się sekwencje N-acetylo-D-glukozaminy i disacharydów kwasu D-glukuronowego, połączone wiązaniami β -1,3 oraz β -1,4-glikozydowymi (Nobile et al., 2014). Jest szeroko rozpowszechniony w ludzkim organizmie, jednak najobficiej występuje w skórze, w formie soli sodowej – hialuronianu sodu. Kwas produkowany jest głównie przez komórki mezenchymalne, ale inne typy komórek również wykazują się zdolnością do jego syntezy (Papakonstantinou et al., 2012).

Kwas hialuronowy charakteryzuje się wysoką higroskopijnością. Swoją objętość w środowisku wodnym może zwiększać około 1000 razy, a jeden gram tego związku może związać nawet

6 litrów wody. Ze względu na swoje właściwości, kwas ma kluczowe znaczenie w utrzymaniu prawidłowego poziomu nawodnienia skóry. Wpływa na jej odporność i giętkość oraz zachodzące w tkankach procesy naprawcze. Zapobiega uszkodzeniom komórek przez wolne rodniki oraz przyspiesza gojenie się ran (Keen, 2017). Wraz z postępowaniem procesów starzenia, obserwuje się wyraźny spadek zawartości kwasu hialuronowego w całej strukturze naskórka. Degradacja kwasu hialuronowego odbywa się z udziałem specyficznych enzymów (hialuronidaz), jak i w trakcie procesów nieenzymatycznych na skutek działania wolnych rodników (Papakonstantinou, 2012). Do inhibitorów hialuronidaz o szczególnym znaczeniu zalicza się między innymi związki charakteryzujące się podobną strukturą co kwas hialuronowy tj. kwas alginowy czy heparyna, oraz witaminę C wraz z jej pochodnymi (Matysiak et al., 2013).

Kwas hialuronowy wykorzystywany jest do produkcji kosmetyków w formie wysoko oczyszczonego, liofilizowanego proszku lub jako roztwór wodny. Pełni funkcję kontrolera lepkości oraz środka kondycjonującego skórę. Stosowany jest głównie przy produkcji kosmetyków przeciwstarzeniowych, ze względu na swoje okluzyjne właściwości (Becker et al., 2009). Ksyloza, wchodząca w skład chemiczny glikozaminoglikanów, pobudza różnicowanie się keratynocytów oraz nawilża skórę, tym samym zmniejszając widoczność negatywnego wpływu procesów starzeniowych na kondycję skóry (Verdier-Sévrain and Bonté, 2007).

Składnikiem wykorzystywanym w preparatach przeciwstarzeniowych są także hydroksykwasy, zwłaszcza polihydroksykwasy nowej generacji (Kornhauser et al., 2010). Po raz pierwszy zostały wykorzystane jako składniki preparatów kosmetycznych w latach 70. XX w, gdy zauważono ich korzystny wpływ na kontrolę procesów keratynizacji, między innymi poprzez działanie keratolityczne (Van Scott and Yu, 1973). W zależności od budowy cząsteczki oraz liczby grup hydroksylowych, wyróżnia się alfa-, beta- oraz polihydroksykwasy.

W przypadku alfa-hydroksykwasów (AHA - Alpha Hydroxy Acids), nazywanych także kwasami owocowymi, można wymienić między in-

nymi kwas glikolowy, cytrynowy, migdałowy, czy jabłkowy. Z perspektywy pielęgnacji skóry i procesów przeciwstarzeniowych, szczególne znaczenie odgrywa kwas glikolowy, który stymuluje procesy złuszczenia naskórka, a po dotarciu do skóry właściwej indukuje syntezę zarówno kolagenu, jak i elastyny, spłycając zmarszczki i poprawiając sprężystość skóry (Bernat et al., 2016). Ponadto, kwas glikolowy może wykazywać działanie antyoksydacyjne, fotoprotekcyjne i przeciwzapalne, i w efekcie hamować procesy fotostarzenia. Badania przeprowadzone na myszach, którym podawano kwas glikolowy w stężeniach 1-1,5% przez 9 kolejnych dni, potwierdziły, że preparat hamował wydzielanie prozapalnych cytokin w skórze zwierząt naświetlanych światłem UVB (Tang et al., 2016). Stosując kwasy alfa-hydroksylowe w recepturach kosmetycznych, należy pamiętać o dobraniu ich optymalnego stężenia, gdyż w nadmiarze wykazują efekt odwrotny, działając prooksydacyjne i fototoksyczne, prowadząc do podrażnień oraz zaburzeń spójności bariery skórnej, indukując tym samym procesy starzenia skóry (Tang and Yang, 2018).

Przedstawicielem beta-hydroksykwasów BHA (Beta Hydroxy Acids), który wykazuje istotne znaczenie w kosmetologii jest kwas salicylowy, wykazujący właściwości przeciwzapalne, keratolityczne oraz przeciwbakteryjne. W związku z powyższym, jest stosowany między innymi w leczeniu trądziku czy łojotoku, ma delikatniejsze działanie niż kwasy AHA (Marwicka et al., 2021). Z perspektywy działania przeciwstarzeniowego, większe znaczenie mają polihydroksykwasy (PHA - Polyhydroxy Acids), które zawierają w swojej cząsteczce co najmniej dwie grupy hydroksylowe. Polihydroksykwasami odgrywającymi szczególną rolę w kosmetologii są glukonolakton oraz kwas laktobionowy, które wykazują działanie antyoksydacyjne i higroskopijne (Warowna et al., 2018). Powyższe właściwości sprawiają, że PHA nawilżają skórę, chronią ją przed transepidermalną utratą wody oraz hamują procesy fotostarzenia. Ponadto część badań wskazuje, że może on opóźniać procesy powstawania zmarszczek i wiotczenia skóry, poprzez hamowanie aktywności metaloproteinaz (Arct and Kołodziejczyk, 2015; Grimes et al., 2004) oraz pobudzanie syntezy kolagenu. Argumentem

za coraz powszechniejszym zastosowaniem PHA nie tylko w preparatach kosmetycznych, ale także podczas zabiegów pielęgnacyjnych jest fakt, że wykazują one łagodniejsze działanie na skórę niż AHA, co przekłada się na ograniczenie niekorzystnych skutków takich jak nadmierne łuszczenie skóry, zaczerwienienie, czy pieczenie skóry (Marwicka et al., 2021).

Kosmetyki zawierające w składzie retinoidy zyskują obecnie popularność ze względu na swoje właściwości przeciwzmarszczkowe oraz odmładzające. Substancje te stanowią grupę związków do których zalicza się witaminę A, jej pochodne oraz molekuly syntetyczne o podobnym do witaminy A działaniu biologicznym. Retinoidy charakteryzują się lipofilnymi właściwościami, ze względu na to wykazują zdolność skutecznej penetracji przez naskórek. Stosowane są zarówno do celów terapeutycznych (tretynoina) oraz kosmetycznych (retinol, palmitynian retinolu) (Hubbard et al., 2014).

Retinol oraz inne pochodne witaminy A należą do najskuteczniejszych substancji wpływających na spowolnienie procesów starzeniowych. Regulują proliferację, apoptozę oraz różnicowanie komórek. Ich właściwości przeciwstarzeniowe obejmują wspomaganie proliferacji keratynocytów, hamowanie transepidermalnej utraty wody oraz hamowanie aktywności metaloproteinaz macierzy, a także ochronę kolagenu przed procesami degradacyjnymi (Spierings, 2021). Retinol wpływa na przywrócenie grubości naskórka oraz hamuje aktywność tyrozynazy związanej z powstawaniem hiperpigmentacji (plam starczych) (Rossetti et al., 2011). W badaniach klinicznych przy miejscowym zastosowaniu retinolu wykazano zmniejszenie się drobnych zmarszczek (Kong et al., 2016). Retinol reaguje z rodnikami nadtlenkowymi, tym samym wpływając na blokowanie procesu peroksydacji lipidów (Białek and Czułderna, 2016). Ze względu na swoje właściwości, retinol jest powszechnie stosowany przy opracowywaniu receptur kosmetyków przeciwstarzeniowych. W kremach przeciwzmarszczkowych oraz serach stosowany jest w różnych stężeniach, w zakresie od 0,075% do 1% (Serri and Iorizzo, 2008).

Proces retynizacji powinien być przeprowadzany stopniowo i obejmować zwiększenie

stężenia retinolu w preparatach aplikowanych zewnętrznie lub też zmianę formy składnika ze słabszych estrów, poprzez retinol do retinalu. Zalecana pora roku przy stosowaniu retinoidów to jesień-wiosna, ze względu na mniejszą intensywność promieni słonecznych w tym okresie. Przy kuracji może wystąpić podrażnienie spowodowane przeciążeniem szlaków zależnych od kwasu retinowego, ze względu na to, osoby z wrażliwą cerą zamiast retinolu powinny stosować kosmetyki z bakuchiolem – składnikiem kosmetycznym o podobnym działaniu co retinol, ale znacznie mniejszą skłonnością do wywoływania podrażnień skórnych (Draelos et al., 2020).

Bakuchiol uznawany jest za związek analogiczny do retinolu, pomimo braku podobieństwa strukturalnego, ale ze względu na podobny efekt oraz mechanizm działania. Jego źródłem są owoce *Cullen corylifolium* (L.) Medik., zawierające od 1% do 7% bakuchiolu (Jaferník et al., 2021; Draelos et al., 2020).

Bakuchiol wspomaga proliferację komórek oraz zmniejsza widoczność drobnych zmarszczek, nadając skórze efekt wypełnienia. Wykazuje działanie wybielające na przebarwienia skórne (Adhau and Pardeshi, 2020). Działa ochronnie przeciwko fotouszkodzeniom oksydacyjnym lipidów i białek oraz usuwa rodniki ponadtlenkowe (Adhikari et al., 2003). Oprócz tego, bakuchiol chroni mitochondria przed peroksydacją lipidów zależną od NADPH, a także zabezpiecza aktywność mitochondrialnych enzymów oddechowych przed uszkodzeniami peroksydacyjnymi (Sangeetha and Sarada, 2012).

Związek stosowany jest przy produkcji preparatów takich jak kremy, maseczki, sera oraz olejki. Stężenie bakuchiolu od 5 do 20 g/ml działa antybakteryjnie i przeciwdrobnoustrojowo. Kosmetyki z bakuchiolem są odpowiednie dla wszystkich rodzajów cery, także atopowej i naczynkowej. Wytworzenie kosmetyków z bakuchiolem nie jest problematyczne ze względu na jego zdolność łączenia z szeroką gamą solubilizatorów oraz emolientów. Cechuje się doskonałą stabilnością hydrolityczną oraz fotochemiczną. Ponadto, może być stosowany w ciągu dnia bez względu na porę roku z uwagi na swoją fotostabilność (Chaudhuri and Bojanowski, 2014). Kuracja retinolem może powodować wystąpienie

zaczerwienień, podrażnień skóry oraz nadmiernej wrażliwości na promienie słoneczne. Bakuchiol, w przeciwieństwie do retinoidów, nie wywiera efektów ubocznych podczas jego stosowania (Draelos et al., 2020).

Koenzym Q10 jest związkiem z grupy chinonów, niewitaminowym endogennym antyoksydantem lipofilowym. Ze względu na swój lipofilowy charakter oraz strukturę cząsteczki jest często oznaczany przy wykorzystaniu technik analitycznych stosowanych do oznaczania zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (np. metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej – HPLC). Koenzym Q10 występuje naturalnie u większości organizmów tlenowych. W organizmie ludzkim, najwyższym poziomem koenzymu Q10 odznaczają się narządy o wysokim tempie metabolizmu, takie jak wątroba, serce czy nerki (Saini, 2011).

Ubichinon stanowi jeden z ważniejszych antyoksydantów, ze względu na działanie inhibicyjne na procesy generacji reaktywnych form tlenu. Tym samym umożliwia lepsze zaopatrzenie komórek w tlen. Działa synergistycznie z witaminą E, co skutkuje ochroną przed oksydacją (Rona et al., 2004). Antyoksydanty stanowią bardzo ważny mechanizm ochrony przez procesami rodnikowymi, dlatego też są bardzo często włączane do składu preparatów kosmetycznych o działaniu przeciwstarzeniowym. Obok ubichinonu, stosowany jest szereg związków o potencjale antyoksydacyjnym, takich jak: kwas askorbinowy (ogranicza stres oksydacyjny poprzez regulowanie przepływu elektronów, zmniejsza ilość niestabilnych rodników tlenowych), tokoferol (hamuje aktywność rodnikową, zapobiega peroksydacji błon lipidowych), czy też polifenole, katechiny, resweratrol, czy sulforafan (redukcja stresu oksydacyjnego indukowanego promieniowaniem UV oraz poprawa działania endogennych enzymów antyoksydacyjnych, takich jak katalaza) (Hoang et al., 2021; Carita et al., 2020).

W przypadku koenzymu Q10, oprócz działania antyoksydacyjnego, zwraca się także uwagę na fakt, że pobudza on produkcję kolagenu typu III i IV oraz elastyny w fibroblastach (Ebtavanny et al., 2018). Ubichinon jest związkiem wysoce nierozpuszczalnym w wodzie (silnie lipofilowym) o dużej masie cząsteczkowej, charakteryzującym

się szybką degradacją pod wpływem czynników środowiskowych, takich jak promieniowanie ultrafioletowe. Ze względu na to, w celu dostarczenia koenzymu Q10 w głąb naskórka stosowane są nanocząsteczki lipidowe drugiej generacji, które zwiększają stabilność związku (Ebtavanny et al., 2018). Koenzym jest integralnym elementem mitochondrialnego łańcucha oddechowego. Jego poziom w skórze zmniejsza się wraz z postępem procesów starzeniowych, co negatywnie wpływa na właściwości antyoksydacyjne skóry, zwiększając stężenie reaktywnych form tlenu. Ze względu na to, w celu zachowania młodego wyglądu oraz prawidłowego funkcjonowania organizmu istotna jest suplementacja koenzymu Q10 oraz dostarczanie go skórze za pomocą stosowanych kosmetyków (Prahl et al., 2008). Jest powszechnym składnikiem kosmetyków przeciwzmarszczkowych, a jego stężenie zazwyczaj nie przekracza 0,05% (Rakuša and Roškar, 2021).

Surowcem coraz częściej adaptowanym dla celów formułacji kosmetycznych jest śluz ślimaka. Sam ślimak wykorzystuje śluz w celu ograniczenia nadmiernego parowania wody z powierzchni ciała, ochrony przed urazami mechanicznymi oraz regeneracji powstałych w skórze uszkodzeń. (Danladi et al., 2020). Podobne oddziaływanie śluz ślimaka obserwuje się w przypadku skóry ludzkiej. Do głównych składników śluzu zaliczyć należy kolagen, mukopolisacharydy, alantoinę, glikoproteiny oraz kwas glikolowy (Cristiano and Guagni, 2022). Od czasów starożytnych śluz wykorzystywany był w celach medycznych, stosowany miejscowo jako środek przeciwbólowy, preparat na oparzenia oraz choroby i dolegliwości skórne (El Mubarak et al., 2013). Obecnie śluz wykorzystywany jest przy produkcji kosmetyków regenerujących, przeznaczonych do skóry dojrzałej z osłabioną barierą hydrolipidową. Pobudza bowiem wytwarzanie kolagenu oraz elastyny, stymuluje odbudowę uszkodzeń skóry dokonanych przez wolne rodniki (Laneri et al., 2019). Badania przeprowadzone przez Rizzi et al. (2021), dotyczące wpływu na skórę nanocząsteczek złota, których bazę stanowił śluz ślimaka, potwierdziły nie tylko zdolności przeciwutleniające, ale wykazały przy tym znaczącą fotostabilność badanych cząsteczek, sugerując możliwość zastosowania ich w formułacji

preparatów przeciwsłonecznych, jako alternatywę dla nieorganicznych składników filtrów przeciwsłonecznych. Śluz ślimaka hamuje procesy zapalne zachodzące w skórze, a także pobudza mechanizmy naprawcze przy gojeniu się ran. Ponadto wpływa na ograniczenie transepidermalnej utraty wody przez naskórek, co wpływa pozytywnie na stan skóry, zapewniając jej odpowiednie odżywienie oraz nawilżenie. Potwierdziły to wyniki badań przeprowadzonych przez Laneri et al. (2019), dotyczące analizy zawartości allantoiny oraz kwasu glikolowego w śluzie *Helix aspersa*. Wykazano, iż krem z około 2% zawartością śluzu nadał skórze pożądaną nawilżenie, zmniejszając przesnaskórkową utratę wody oraz poprawiając jej nawodnienie. Należy zaznaczyć, iż szczególnym atutem śluzu ślimaka jest brak komedogenności, dzięki czemu może być stosowany nie tylko przy skórze odwodnionej, ale również przy cerze skłonnej do trądziku (Harti et al., 2016).

Surowce kosmetyczne wykorzystywane w preparatach przeciwstarzeniowych mogą mieć także pochodzenie mikrobiologiczne, przykładem takiego surowca jest kombucha. Ekstrakt z kombuchy wykorzystywany jest w tonikach, kremach, serach, produktach do pielęgnacji ciała i włosów. Kombucha uzyskiwana jest ze słodzonej herbaty poddanej procesowi fermentacji przez grzybek herbaciany, określanej inaczej jako SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts). Najpopularniejszym substratem do wytwarzania kombuchy jest herbata czarna oraz zielona. Istnieją natomiast prace naukowe wskazujące, że do fermentacji można wykorzystać również inne substraty jak np. Yerba Mate, a nawet kawę (Bortolomedi et al., 2022).

Grzybek herbaciany jest konglomeratem różnorodnych bakterii i drożdży żyjących w symbiozie. Podstawowym szczepem jest *Gluconacetobacter xylinus*, ponadto w surowcu obecne są też szczepy bakterii kwasu octowego, m.in. *A. Xylosum*, *A. Pasteurianus*. Spośród drożdży do najważniejszych zaliczyć należy takie gatunki jak *Saccharomyces*, *Saccharomyces* oraz *Schizosaccharomyces* (Jayabalan et al., 2014). Obecność różnorodnych składników w ekstrakcie zależy od występujących mikroorganizmów, a także od surowca z którego został przygotowany napój. Kombucha bogata jest w kwasy organiczne

ne tj. octowy, glukonowy, cytrynowy, mlekowy, witaminy z grupy B (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12}), witaminę C. Zawiera także aminokwasy, polifenole, minerały (magnez, cynk, miedź, żelazo) oraz niewielką ilość enzymów hydrolitycznych. Badania przeprowadzone przez Ziemelewska et al. (2021, 2022) potwierdzają przeciwstarzeniowe i przeciwzapalne właściwości fermentatów z kombuchy, co jest niezwykle istotne w kontekście zdrowego wyglądu skóry. Wykazano pozytywny wpływ fermentatów na żywotność oraz metabolizm komórek keratynocytów i fibroblastów, obniżenie poziomu transepidermalnej utraty wody (TEWL - Transepidermal Water Loss), wzrost poziomu nawilżenia skóry oraz obniżenia jej pH. Ponadto kombucha działa wzmacniająco, wspomaga syntezę kolagenu i elastyny, poprzez hamowanie aktywności kolagenazy i elastazy oraz wyrównuje kolor skóry. Dzięki swoim właściwościom kombucha wpływa na rozjaśnienie przebarwień potrądzikowych, a w przypadku aktywnego trądziku - na zmniejszenie stanu zapalnego oraz ilości wyprysków (Pakravan et al., 2017). Zaobserwowano także wpływ czasu fermentacji na wzrost potencjału antyoksydacyjnego ekstraktu tzn. dłuższy czas fermentacji wpływał na zwiększenie jego właściwości antyoksydacyjnych. Kombucha charakteryzuje się uniwersalnością, ekstrakt może być wykorzystywany do wszystkich typów cer, nawet tych najbardziej problematycznych np. z trądzikiem (Ziemelewska et al., 2021).

PODSUMOWANIE

Procesy starzenia się skóry są nieuniknione, na tempo ich przebiegu wpływa szereg czynników, zarówno egzo-, jak i endogennych. Istotną rolę w opóźnianiu niekorzystnych zmian starzeniowych, odgrywa aktywny styl życia, unikanie używek oraz odpowiednio zbilansowana dieta. Równie istotną rolę pełni właściwa pielęgnacja skóry, która może mieć charakter zarówno działań profilaktycznych, jak i doraźnych tzn. wpływać na powstałe już zmiany starzeniowe.

Współczesne preparaty przeciwstarzeniowe bazują na szeregu składników aktywnych, uzyskiwanych zarówno z surowców pochodzenia zwierzęcego, roślinnego, jak też otrzymywanych na drodze procesów biotechnologicznych. Włączanie do receptur kosmetycznych nowych

komponentów wynika zarówno z lepszego zrozumienia samych procesów starzenia, jak też mechanizmów działania poszczególnych składników przeciwstarzeniowych. W efekcie, konsumenci uzyskują dostęp do produktów zawierających zarówno szeroko rozpowszechnione kolagen, elastynę, czy kwas hialuronowy, ale też specyficzne bioaktywne peptydy, bakuchiol, czy związki aktywne występujące w ekstrakcie z kombuchy. Dlatego też obecne na rynku preparaty kosmetyczne typu anti-aging charakteryzują się szerokim spektrum działania, obejmującym: działanie antyoksydacyjne, odpowiednie odżywienie skóry, pobudzanie jej komórek do syntezy kolagenu i elastyny, zapewnienie jej nawilżenia i ochrony przed nadmierną utratą wody z naskórka.

Niewątpliwie odpowiednie i regularne stosowanie kosmetyków z substancjami takimi jak bakuchiol, peptydy, kwas hialuronowy czy kombucha, stanowi skuteczną i nieinwazyjną metodę ograniczania procesów starzeniowych, a tym samym zapewnienia skórze młodego wyglądu oraz zagwarantowania spełniania jej wszystkich funkcji przez długi okres czasu. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie konsumentów preparatami przeciwstarzeniowymi, konieczne są działania promujące wiedzę na temat odpowiedniej profilaktyki, pozwalającej na opóźnianie procesów starzenia, jak też dalsze badania mające na celu pozyskiwanie skutecznych i bezpiecznych substancji, które mogły być wykorzystane w kosmetykach typu anti-aging.

LITERATURA

Adhau A. and Pardeshi M. (2020) 'Bakuchiol: A Retinol like Structure in the Field of Cosmetics', *International Journal of Advance Study and Research Work*, (2581-5997), 3(7), pp. 14-18. doi: 10.5281/zenodo.3958020.

Ahmed, I. et al. (2022) 'Exploring Marine as a Rich Source of Bioactive Peptides: Challenges and Opportunities from Marine Pharmacology', *Marine drugs*, 20(3), pp. 208. doi: 10.3390/md20030208.

Adhikari, S. et al. (2003) 'Antioxidant activity of bakuchiol: experimental evidences and theoretical treatments on the possible involvement of the ter-

- penoid chain', *Chemical research in toxicology*, 16(9), pp. 1062-1069. doi:10.1021/tx034082r.
- Aguilar-Toalá, J. E. et al. (2019) 'Potential role of natural bioactive peptides for development of cosmeceutical skin products', *Peptides*, 122, 170170.
- Aguilar-Toalá, J. E. et al. (2017) 'Assessment of multifunctional activity of bioactive peptides derived from fermented milk by specific *Lactobacillus plantarum* strains', *Journal of Dairy Science*, 100(1), pp. 65-75.
- Alvarado Pérez, Y. et al. (2019) 'Antihypertensive and antioxidant properties from whey protein hydrolysates produced by encapsulated *Bacillus subtilis* cells', *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25(2), pp. 681-689.
- Arct, J. and Kołodziejczyk, M. (2015) 'Polihydroksykwas w kosmetyce', *Dermatologia Estetyczna*, 17(6), pp. 308-313.
- Becker, L. C. et al. (2009) 'Final report of the safety assessment of hyaluronic acid, potassium hyaluronate, and sodium hyaluronate', *International journal of toxicology*, 28(4_suppl), pp. 5-67. doi: 10.1177/1091581809337738.
- Bernat, M. et al. (2016) 'Składniki aktywne w kosmetykach przeciwstarzeniowych', *Kosmetologia estetyczna*, 5(6), pp. 575-579.
- Białek, M. and Czuderna, M. (2016) 'Budowa chemiczna oraz funkcje fizjologiczne wybranych antyoksydantów', *Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk*, pp. 16-24.
- Bortolomedi, B. M. et al. (2022) 'Bioactive compounds in kombucha: A review of substrate effect and fermentation conditions', *Food Chemistry*, 385, 132719. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132719.
- Cao, C. et al. (2020) 'Diet and skin aging—From the perspective of food nutrition', *Nutrients*, 12(3), pp. 870. doi:10.3390/nu12030870.
- Caritá, A. C. et al. (2020) 'Vitamin C: One compound, several uses. Advances for delivery, efficiency and stability', *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 24, pp. 102117. doi: 10.1016/j.nano.2019.102117.
- Chaudhuri, R. K. and Bojanowski, K. (2014) 'Bakuchiol: a retinol-like functional compound revealed by gene expression profiling and clinically proven to have anti-aging effects', *International Journal of Cosmetic Science*, 36(3), pp.221–230. doi: 10.1111/ics.12117.
- Cristiano, L. and Guagni, M. (2022) 'Zooceuticals and Cosmetic Ingredients Derived from Animals', *Cosmetics*, 9(1), pp. 13.
- Danladi, J. G. et al. (2020) 'Proximate and mineral composition of snail slime (*Achatina marginata*)', *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 11(9), pp. 2304-2312.
- Debacq-Chainiaux, F. et al. (2012) 'UV, stress and aging', *Dermato-endocrinology*, 4(3), pp. 236-240. doi: 10.4161/derm.23652.
- Draelos, Z. D. et al. (2020) 'Clinical Evaluation of a Nature-Based Bakuchiol Anti-Aging Moisturizer for Sensitive Skin', *Journal of Drugs in Dermatology: JDD*, 19(12), pp. 1181-1183. doi: 10.36849/JDD.2020.5522.
- Drakaki, E. et al. (2014) 'Air pollution and the skin', *Frontiers in Environmental Science*, 2, pp. 11. doi: 10.3389/fenvs.2014.00011.
- Dudek, K. and Borysławski, K. (2016) 'Wpływ diety na parametry skóry u kobiet po 45. roku życia', *Kosmetologia Estetyczna*, 5, pp. 627-630.
- Dunn, J. H. and Koo, J. (2013) 'Psychological Stress and skin aging: a review of possible mechanisms and potential therapies', *Dermatology online journal*, 19(6). doi: 10.5070/D3196018561.
- Duteil, L. et al. (2016) 'Specific natural bioactive type 1 collagen peptides oral intake reverse skin aging signs in mature women', *J Aging Res Clin Practice*, 5(2), pp. 84-92.

- Ebtavanny, T. G. et al. (2018) 'Effect of Lipid Composition on Nanostructured Lipid Carrier (NLC) on Ubiquinone Effectiveness as an Anti-aging Cosmetics', *International Journal of Drug Delivery Technology*, 8(3), pp. 144-152.
- El Mubarak, M.A. et al. (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, pp. 49-53.
- Elfahri, K. R. et al. (2016) 'Anti-colon cancer and antioxidant activities of bovine skim milk fermented by selected *Lactobacillus helveticus* strains'. *Journal of dairy science*, 99(1), pp. 31-40.
- Engler-Jastrzębska, M. et al. (2019) 'Metody niwelowania hiperpigmentacji skóry w świetle nowych doniesień naukowych', *Kosmetologia Estetyczna*, 8(5), pp. 553-560.
- Fang, Y. Z. et al. (2002) 'Free radicals, antioxidants, and nutrition', *Nutrition*, 18(10), pp. 872-879.
- FDA, Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Opinion: Enzymatically Hydrolyzed Casein, Enzymatically Hydrolyzed Protein, Acid Hydrolyzed Protein, Soy Sauces, Yeast Autolyzates, GRAS Substances (SCOGS) Database (2015).
- Fisher, G. J. et al. (2002) 'Mechanisms of photoaging and chronological skin aging', *Archives of dermatology*, 138(11), pp. 1462-1470.
- Gao, W. et al. (2017) 'Genetic variants associated with skin aging in the Chinese Han population', *Journal of dermatological science*, 86(1), pp. 21-29.
- Glass, D. et al. (2013) 'Gene expression changes with age in skin, adipose tissue, blood and brain', *Genome biology*, 14(7), pp. 1-12.
- Gorouhi, F. and Maibach, H. I. (2009) 'Role of topical peptides in preventing or treating aged skin', *International journal of cosmetic science*, 31(5), pp. 327-345.
- Grimes, P.E. et al. (2004) 'The Use polyhydroxy acids (PHAs) in photoaged skin', *Cutis*, 73(12), pp. 3-13.
- Grządziel, P. and Goździalska, A. (2022) 'Etiologia oraz możliwości spowalniania procesów starzenia się skóry', *Aesthetic Cosmetology and Medicine*, 11(1), pp. 3-10. doi: 10.52336/acm.2022.001.
- Harnedy, P. A. et al. (2017) 'Fractionation and identification of antioxidant peptides from an enzymatically hydrolysed *Palmaria palmata* protein isolate', *Food Research International*, 100, pp. 416-422.
- Harti, A. S. et al. (2016) 'The effectiveness of snail slime and chitosan in wound healing', *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences*, 5(1), pp. 76.
- He, J. et al. (2022) 'Application of epigenetics in dermatological research and skin management', *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(5), pp.1920-1930. doi: 10.1111/jocd.14355.
- Heinz, A. (2020) 'Elastases and elastokines: Elastin degradation and its significance in health and disease', *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, 55(3), pp. 252-273.
- Hoang, H. T. et al. (2021) 'Natural Antioxidants from Plant Extracts in Skincare Cosmetics: Recent Applications, Challenges and Perspectives', *Cosmetics*, 8(4), pp. 106. doi: 10.3390/cosmetics8040106.
- Hubbard, B. A. et al. (2014) 'Reversal of skin aging with topical retinoids', *Plastic and reconstructive surgery*, 133(4), pp. 481e-490e. doi: 10.1097/PRS.0000000000000043.
- Jaferník, K. et al. (2020) 'Characteristics of bakuchiol-the compound with high biological activity and the main source of its acquisition - *Cullen corylifolium* (L.) Medik.', *Natural Product Research*, pp. 1-15. doi: 10.1080/14786419.2020.183

7813.

Jaganjac, M. et al. (2022) 'Oxidative stress and regeneration', *Free Radical Biology and Medicine*, 181, pp. 154-165. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2022.02.004.

Jajuga, A. et al. (2020) 'Cyklodekstryny – alternatywne nośniki substancji aktywnych w kosmetykach', *Aesthetic Cosmetology and Medicine*, 3(9), pp. 305-310.

Jayabalan, R. et al. (2014) 'A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus', *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 13(4), pp. 538-550.

Kamaruzaman, N. and Yusop, S. M. (2021) 'Determination of Stability of Cosmetic Formulations Incorporated with Water-Soluble Elastin Isolated from Poultry', *Journal of King Saud University-Science*, 101519. doi: 10.1016/j.jksus.2021.101519.

Kayser, M. (2015) 'Forensic DNA phenotyping: predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes', *Forensic Science International: Genetics*, 18, pp. 33-48.

Keen, M. A. (2017) 'Hyaluronic acid in dermatology', *Skinmed*, 15(6), pp. 441-448.

Kończak, A. (2015) 'Przegląd metod pielęgnacji skóry dojrzałej', *Kosmetologia Estetyczna*, 4(6), pp. 541-545.

Kong, R. et al. (2016) 'A comparative study of the effects of retinol and retinoic acid on histological, molecular, and clinical properties of human skin', *Journal of cosmetic dermatology*, 15(1), pp. 49-57.

Kornhauser, A. et al. (2010) 'Applications of hydroxy acids: classification, mechanisms, and photoactivity', *Clinical, cosmetic and investigational dermatology: CCID*, 3, pp. 135-142, doi: 10.2147/CCID.S9042.

Kozioł, A. (2020) 'Przeciwstarzeniowe substancje czynne oraz metody aplikacji oparte na nanotechnologii', *Kosmetologia Estetyczna*, 9(2), pp. 213-218.

Krutmann, J. et al. (2017) 'The skin aging exposome', *Journal of dermatological science*, 85(3), pp. 152-161. doi: 10.1016/j.jdermsci.2016.09.015.

Laneri, S. et al. (2019) 'Dosage of bioactive molecules in the nutricosmeceutical *Helix Aspersa* Muller mucus and formulation of new cosmetic cream with moisturizing effect', *Natural Product Communications*, 14(8), 1934578X19868606.

León-López, A. et al. (2019) 'Hydrolyzed collagen—sources and applications', *Molecules*, 24(22), pp. 4031. doi: 10.3390/molecules24224031.

Lizak, A. et al. (2018) 'Ocena skuteczności preparatów i zabiegów kosmetycznych u osób z przebarwieniami skóry twarzy', *Kosmetologia Estetyczna*, 7(3), pp. 255-262.

Łoźna, K. et al. (2012) 'Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych', *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 93(4), pp. 871-875.

Makrantonaki, E. et al. (2012) 'Genetics and skin aging', *Dermato-endocrinology*, 4(3), pp. 280-284.

Marciniak-Łukasiak, K. (2011) 'Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3', *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 6 (79), pp. 24 – 35.

Marwicka, J. et al. (2021) 'Kosmeceutyki. Skład oraz oddziaływanie', *Aesthetic Cosmetology and Medicine*, 10(3), pp. 135-141. doi: 10.52336/acm.2021.10.3.06.

Mattson, M.P. (2008) 'Hormesis defined', *Ageing Research Reviews*, 7(1), pp. 1-7. doi: S1568-1637(07)00071-2 (pii) 10.1016/j.arr.2007.08.007.

Matysiak, J. et al. (2013) 'Znaczenie hialuronidaz

- Koziół, A. (2020) 'Przeciwstarzeniowe substancje czynne oraz metody aplikacji oparte na nanotechnologii', *Kosmetologia Estetyczna*, 9(2), pp. 213-218.
- Krutmann, J. et al. (2017) 'The skin aging exposome', *Journal of dermatological science*, 85(3), pp. 152-161. doi: 10.1016/j.jdermsci.2016.09.015.
- Laneri, S. et al. (2019) 'Dosage of bioactive molecules in the nutricosmeceutical *Helix aspersa* Muller mucus and formulation of new cosmetic cream with moisturizing effect', *Natural Product Communications*, 14(8), 1934578X19868606.
- León-López, A. et al. (2019) 'Hydrolyzed collagen—sources and applications', *Molecules*, 24(22), pp. 4031. doi: 10.3390/molecules24224031.
- Lizak, A. et al. (2018) 'Ocena skuteczności preparatów i zabiegów kosmetycznych u osób z przebarwieniami skóry twarzy', *Kosmetologia Estetyczna*, 7(3), pp. 255-262.
- Łoźna, K. et al. (2012) 'Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych', *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 93(4), pp. 871-875.
- Makrantonaki, E. et al. (2012) 'Genetics and skin aging', *Dermato-endocrinology*, 4(3), pp. 280-284.
- Marciniak-Łukasiak, K. (2011) 'Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3', *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 6 (79), pp. 24 – 35.
- Marwicka, J. et al. (2021) 'Kosmeceutyki. Skład oraz oddziaływanie', *Aesthetic Cosmetology and Medicine*, 10(3), pp. 135-141. doi: 10.52336/acm.2021.10.3.06.
- Mattson, M.P. (2008) 'Hormesis defined', *Ageing Research Reviews*, 7(1), pp. 1-7. doi: S1568-1637(07)00071-2 (pii) 10.1016/j.arr.2007.08.007.
- Matysiak, J. et al. (2013) 'Znaczenie hialuronidaz we współczesnej medycynie', *Nowiny Lekarskie*, 82(2), pp. 156-62.
- Mitura, S. et al. (2020) 'Biopolymers for hydrogels in cosmetics', *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 31(6), pp. 1-14. doi: 10.1007/s10856-020-06390-w.
- Musiał, C. (2021) 'Rola i zastosowanie glikozaminoglikanów w trychologii i kosmologii', *Aesthetic Cosmetology and Medicine*, 10(1), pp. 33-37.
- Naval, J. et al. (2014) 'Genetic polymorphisms and skin aging: the identification of population genotypic groups holds potential for personalized treatments', *Clinical, cosmetic and investigational dermatology*, 7, pp. 207.
- Nimalaratne, C. et al. (2015) 'Purification and characterization of antioxidant peptides from enzymatically hydrolyzed chicken egg white', *Food chemistry*, 188, pp. 467-472.
- Nobile, V., et al. (2014) 'Anti-aging and filling efficacy of six types hyaluronic acid based dermo-cosmetic treatment: double blind, randomized clinical trial of efficacy and safety', *Journal of cosmetic dermatology*, 13(4), pp. 277-287. doi: 10.1111/jocd.12120.
- Oba, C. et al. (2013) 'Collagen hydrolysate intake improves the loss of epidermal barrier function and skin elasticity induced by UVB irradiation in hairless mice', *Photodermatology, photoimmunology & photomedicine*, 29(4), pp. 204-211.
- Oyetaquin-White, P. et al. (2013) 'Effects of sleep quality on skin aging and function', *J. Invest. Dermatol*, pp. 126-126.
- Pai, V.V. et al. (2017) 'Topical peptides as cosmeceuticals', *Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol.* 83, pp. 9–18
- Pakravan, N. et al. (2017) 'Cosmeceutical effect of ethyl acetate fraction of Kombucha tea by intradermal administration in the skin of aged mice', *J Cosmet Dermatol*, 17(6), pp. 1216-1224.

- Papakonstantinou, E. et al. (2012) 'Hyaluronic acid: A key molecule in skin aging', *Dermatoendocrinology*, 4(3), pp. 253-258. doi: 10.4161/derm.21923.
- Park, S. (2022) 'Biochemical, structural and physical changes in aging human skin, and their relationship', *Biogerontology*, pp. 1-14.
- Pawlaczyk, M. et al. (2011) 'Dermatoporoza chorobą skóry indukowaną procesem starzenia Dermatoporosis as the disease induced by ageing process', *Geriatrics*, 5, pp. 303-308.
- Poljšak, B. and Dahmane, R. (2012) 'Free Radicals and Extrinsic Skin Aging', *Dermatology Research and Practice*, pp. 1-4. doi: 10.1155/2012/135206.
- Poljšak, B. et al. (2012) 'Intrinsic skin aging: the role of oxidative stress', *Acta Dermatovenerol Alp Pannonica Adriat*, 21(2), pp. 33-36.
- Poljsak, B. et al. (2013) 'Skin and antioxidants' *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 15(2), pp. 107-113. doi: 10.3109/14764172.2012.758380.
- Potekaev, N. N. et al. (2021) Genetic and epigenetic aspects of skin collagen fiber turnover and functioning. *Cosmetics*, 8(4), pp. 92. doi: 10.3390/cosmetics8040092.
- Prahl, S. et al. (2008) 'Aging skin is functionally anaerobic: importance of coenzyme Q10 for anti aging skin care', *Biofactors*, 32(1-4), pp. 245-255. doi: 10.1002/biof.5520320129.
- Puizina-Ivic, N. (2008) 'Skin aging', *Acta Dermatovenerologica Alpina Panonica Et Adriatica*, 17(2), pp. 47.
- Resich-Kozieł, L. and Niemyska, K. (2020) 'Rodzaje oraz przyczyny starzenia się skóry', *Kosmetologia Estetyczna*, 9, pp. 17-22.
- Rizzi, V. et al. (2021) 'Neurocosmetics in Skincare—The Fascinating World of Skin–Brain Connection: A Review to Explore Ingredients, Commercial Products for Skin Aging, and Cosmetic Regulation', *Cosmetics*, 8(3), pp. 66.
- Rizzi, V. et al. (2021) 'Snail slime-based gold nanoparticles: An interesting potential ingredient in cosmetics as an antioxidant, sunscreen, and tyrosinase inhibitor', *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, pp. 224.
- Rodríguez, M. I et al. (2018) 'Collagen: A review on its sources and potential cosmetic applications', *Journal of cosmetic dermatology*, 17(1), pp. 20-26. doi: 10.1111/jocd.12450.
- Rona, C. et al. (2004) 'The cosmetic treatment of wrinkles', *Journal of cosmetic dermatology*, 3(1), pp. 26-34. doi: 10.1111/j.1473-2130.2004.00054.x.
- Rossetti, D. et al. (2011) 'A novel anti-ageing mechanism for retinol: induction of dermal elastin synthesis and elastin fibre formation', *International Journal of Cosmetic Science*, 33(1), pp. 62-69. doi: 10.1111/j.1468-2494.2010.00588.x.
- Saini, R. (2011) 'Coenzyme Q10: The essential nutrient', *J Pharm Bioallied Sci*, 3(3), pp. 466-467. doi: 10.4103/0975-7406.84471.
- Sanchez, A. et al. (2018) 'Effect of fish collagen hydrolysates on type I collagen mRNA levels of human dermal fibroblast culture', *Marine drugs*, 16(5), pp. 144. doi: 10.3390/md16050144.
- Sangeetha, S. and Sarada, D. V. L. (2012) 'Pso-ralea corylifolia linn.(seeds): a phytochemical review', *J. Pharm. Res*, 5, pp. 1694-1695. ISSN: 0974-6943.
- Schreml, S. et al. (2014) 'Skin pH in the elderly and appropriate skin care', *Eur Med J Dermatol*, 2, pp. 86-94.
- Seitz, C. M. et al. (2012) 'Cigarette smoking and facial wrinkles: a review of the literature', *Journal of Smoking Cessation*, 7(1), pp. 18-24. doi: 10.1017/jsc.2012.8.
- Serri, R. and Iorizzo, M. (2008) 'Cosmeceuticals: focus on topical retinoids in photoaging', *Clinics*

- in dermatology, 26(6), pp. 633-635. doi: 10.1016/j.clindermatol.2007.09.016.
- Singh, M. (2010) 'Role of By-Products of Lipid Oxidation in Alzheimer's Disease Brain: A Focus on Acrolein', *Journal of Alzheimer's Disease*, 21(3), pp. 741-756. doi: 10.3233/jad-2010-100405.
- Sionkowska, A. et al. (2017) 'The review of versatile application of collagen', *Polymers for Advanced Technologies*, 28(1), pp. 4-9. doi: 10.1002/pat.3842.
- Spierings, N. M. (2021) 'Evidence for the efficacy of over-the-counter vitamin A cosmetic products in the improvement of facial skin aging: A systematic review', *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 14(9), pp. 33.
- Stasiorowska, S. and Rodak, I. (2020) 'Chemoeksfoliacja w gabinecie kosmetycznym', *Kosmetologia Estetyczna*, 2(9), pp. 199-210.
- Tang, S. C. et al. (2017) 'Topical application of glycolic acid suppresses the UVB induced IL-6, IL-8, MCP-1 and COX-2 inflammation by modulating NF- κ B signaling pathway in keratinocytes and mice skin', *Journal of dermatological science*, 86(3), pp. 238-248. doi: 10.1016/j.jdermsci.2017.03.004.
- Tang, S. C. and Yang, J. H. (2018) 'Dual effects of alpha-hydroxy acids on the skin', *Molecules*, 23(4), pp.863. doi: 10.3390/molecules23040863.
- Taniguchi, M. et al. (2017) 'Identification and characterization of multifunctional cationic peptides derived from peptic hydrolysates of rice bran protein', *Journal of Functional Foods*, 34, pp. 287-296.
- Temova Rakuša, Ž. et al. (2021) 'Stability of reduced and oxidized coenzyme Q10 in finished products', *Antioxidants*, 10(3), pp. 360.
- Van Scott, E. J. and Ruey, J. Y. (1974) 'Control of keratinization with a-hydroxy acids and related compounds: I. Topical treatment of ichthyotic disorders. *Archives of Dermatology*, 110(4), pp. 586-590.
- Verdier-Sévrain, S. and Bonté, F. (2007) 'Skin hydration: a review on its molecular mechanisms', *Journal of Cosmetic Dermatology*, 6(2), pp. 75-82. doi: 10.1111/j.1473-2165.2007.00300.x.
- Vergilio, M. M. et al. (2021) 'Characterization of skin aging through high-frequency ultrasound imaging as a technique for evaluating the effectiveness of anti-aging products and procedures: A review', *Skin Research and Technology*, 27(5), pp. 966-973. doi: 10.1111/srt.13033.
- Wang, S. Q. et al. (2010) 'Photoprotection: a review of the current and future technologies', *Dermatologic therapy*, 23(1), pp. 31-47.
- Warowna, M. et al. (2018) 'Rola i działanie kwasu laktobionowego w przebiegu wybranych chorób skórnych', *Kosmetologia Estetyczna*, 6(7), pp. 651-654.
- Wolski, T. and Kędzia, B. (2019) 'Farmakoterapia skóry. Cz. 2. Przenikanie substancji przez skórę'. *Borgis - Postępy Fitoterapii*, 2, pp. 154-158. doi: 10.25121/PF.2019.20.2.154.
- Zague, V. et al. (2018) 'Collagen peptides modulate the metabolism of extracellular matrix by human dermal fibroblasts derived from sun-protected and sun-exposed body sites' *Cell biology international*, 42(1), pp. 95-104.
- Załużski, D. (2009) 'Wybrane biochemiczne procesy fotostarzenia', *Cosmetology Today*, 1(2), pp. 36-51. ISSN: 1895-5592.
- Żelaszczyk, D. et al. (2012) 'Kolagen-struktura oraz zastosowanie w kosmetyce i medycynie estetycznej', *Estetol. Med. Kosmetol*, 2(1), pp. 14-20.
- Ziemlewska, A. et al. (2021) 'Effect of fermentation time on the content of bioactive compounds with cosmetic and dermatological properties in Kombucha Yerba Mate extracts', *Scientific Reports*, 11(1), pp. 1-15.

Ziemlewska, A. et al. (2022) 'Evaluation of Cosmetic and Dermatological Properties of Kombucha-Fermented Berry Leaf Extracts Considered to Be By-Products', *Molecules*, 27(7), pp. 23-45.

Zuchowski, A. and Nowicka-Zuchowska, A. (2019) 'Kolagen–rola w organizmie i skutki niedoboru', *Lek w Polsce*, 29(11/12), pp. 6-10.

§ Praca wpłynęła do redakcji: 05.07.2022r.
Zrecenzowano: 09.08.2022r.
Przyjęto do druku: 22.08.2022r.