

rují degradaci kolagenu (především kolagenu typu I a III) a elastických vláken, narušujících strukturu dermis (12). Tento typ poškození je obtížně napravitelný a vede k uvolnění a ochabnutí kůže, abnormálnímu nárůstu vrásek a dalším makroskopickým poškozením způsobeným fotostárnutím (1). ROS ovlivňují i aerobní metabolismus mitochondrií a jejich dysfunkce je dalším faktorem podílejícím se na stárnutí kůže.

Pozornost se zaměřuje též na škodliviny zevního prostředí. Soeur et. al publikoval v r. 2017 článek, kde popisuje škodlivý synergický efekt současného působení UV záření a atmosférických znečišťujících látek jako je cigaretový kouř a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) (14). Účinky těchto znečišťujících látek mohou být zesilovány UV zářením. To bylo prokázáno zejména u UVA a benzo[a]pyrenu, jednoho z nejškodlivějších fotoreaktivních PAU, což vede ke snížení životaschopnosti buněk v důsledku zvýšení peroxidace lipidů a zlomů DNA (14). Kombinace slunečního záření a látek znečišťujících ovzduší synergicky zhoršuje poškození kůže a urychluje její stárnutí (14).

Mezi ostatní modulatory stárnutí kůže řadíme kouření, pití alkoholu, stravovací návyky, stres a další faktory, souhrnně označované jako „životní styl“. Může se uplatňovat i mechanické trauma.

Role mikrobiomu a probiotik ve fotoprotekci

Bylo zjištěno, že po expozici kůže UV záření dochází ke změnám složení a funkce kožní mikrobioty. Produkce porfyrinů bakterií *Cutibacterium acnes* se po expozici UV paprskům snižuje. Snižuje se též zastoupení čeledí *Lactobacillaceae* a *Pseudomonadaceae*, naproti tomu osídlení kmenem *Cyanobacteria* se zvyšuje (15). Tento bakteriální kmen evolučně vyvinul rozmanité obranné mechanismy včetně biosyntézy sloučenin pohlcujících či odstraňujících UV záření (5). Tyto mechanismy zahrnují produkci enzymu *superoxiddismutázy*, který se uplatňuje v boji proti kyslíkovým radikálům, a produkci tzv. „*mykosporinu podobných aminokyselin*“ (MAAs). MAAs jsou metabolity produkované *Cyanobakteriemi*, některými houbami a mořskými řasami, které mají schopnost rozptylovat UV záření ve for-

mě tepla bez produkce ROS. Současně jsou schopny blokovat UV-indukované pyrimidinové dimery a pyrimidin-pyrimidonové fotoprodukty, které vedou k mutacím, buněčným změnám a buněčné smrti (5).

Bylo dokázáno, že *Staphylococcus epidermidis* produkuje 6-N hydroxyaminopurin, který je schopen inhibovat syntézu DNA a selektivně bránit proliferaci nádorových buněk, stejně jako potlačovat UV zářením indukovaný de novo buněčný růst (5).

Kvasinky rodu *Malassezia furfur* patřící mezi saprofyty lidské kůže, jsou schopny produkovat pityriacitrin, indolový alkaloid absorbující UV záření, který kvasinkové kolonie chrání před UV zářením. Kolonizace kůže vybranými kmeny malassezií produkujícími pityriacitrin by mohla mít pozitivní přínos z hlediska ochrany před UV zářením. Na druhou stranu toxiny *M. furfur* mohou také v důsledku zánětlivé reakce a produkce toxinů vést ke ztrátě pigmentu (7).

Kůže disponuje mechanismy chránícími proti škodlivým účinkům UV záření. Kromě mikrobiomu se na ochraně před UV zářením podílí reaktivní zesílení rohové vrstvy, melanocyty produkující pigment melanin, antioxidantní enzymy, enzymy opravující poškozenou DNA či v nejkrajnějších případech programovaná buněčná smrt neboli apoptóza. To samo o sobě však někdy nestačí.

S ohledem na možné nežádoucí účinky stávajících *sunscreens*, zmiňovaných výše, se pozornost dermatokosmetických firem zaměřuje na výzkum a vývoj nových účinných molekul chránících proti škodlivým účinkům UV. Fotoprotektivní efekt *sunscreens* zahrnuje nejen UV-absorbční složku, ale též složku antioxidantní a protizánětlivou. Díky těmto vlastnostem mají dermatokosmetické přípravky obsahující probiotické a postbiotické složky schopnost blokovat účinky UV záření a chránit nebo obnovovat rovnováhu kožní mikroflóry (9, 16).

Streptomyces spp. je bakteriální rod spadající do kmene *Actinobacteria*, od kterého jsou odvozeny více než dvě třetiny antibiotik, ale i dalších látek jako topické imunomodulatory, cytostatika či antimykotika, běžně používaná v klinické praxi. V kontextu ochrany před UV zářením Souak et al. ve své publikaci popisuje metabolity s antioxidantními, protizánětlivými

a UV pohlcujícími vlastnostmi produkované tímto bakteriálním kmenem, které představují velký potenciál ve vývoji nových, bezpečných a ekologických prostředků k opalování (5).

Některé mikroorganismy jsou schopny samy o sobě produkovat melanin. Do této skupiny spadá *Streptomyces glaucescens*, *Cladosporium spp.*, *Sporothrix schenckii*, *Cryptococcus neoformans* (7). *Escherichia* a *Enterococcus* mohou ovlivňovat pigmentaci produkci serotoninu (7).

Probiotika tak v budoucnu možná rozšíří možnosti stávajících principů fotoprotekce a prevence vzniku zhoubných novotvarů (3).

Role mikrobiomu a probiotik v procesu stárnutí kůže

Patofyziologie stárnutí kůže úzce souvisí s poškozením vyvolaným ROS, včetně aktivace signálních drah MAPK, zvýšení syntézy MMP a snížení produkce kolagenu (1).

Dochází též ke změně skladby mikrobiomu kůže. Kmen *Firmicutes* je více zastoupen v mladší věkové skupině, zatímco kmeny *Bacteroidetes* a *Proteobacteria* se lineárně zvyšují s věkem.

Výzkumem bakteriálního osídlení kůže pomocí sekvenování 16S rRNA ve dvou věkových skupinách žen žijících v západní Evropě se zabýval Jugé et al. Do studie zahrnul 17 žen ve věkovém rozmezí 21–31 let a 17 žen ve věku od 54 do 69 let. Data odhalila vyšší alfa diverzitu na kůži starších žen ve srovnání s mladšími (17). Celková struktura mikrobioty se mezi oběma věkovými skupinami lišila, což prokázala analýza beta diverzity, která rovněž poukázala na vysokou interpersonální variabilitu ve skupině starších žen. Analýza taxonomického složení navíc ukázala jak nárůst *Proteobacteria*, tak pokles *Actinobacteria* na kůži starších osob a na úrovni rodů vykazovala starší kůže významný nárůst relativního počtu *Corynebacterium* a pokles *Propionibacterium* (17).

Vztah mikrobioty a ovlivnění procesu vnitřního stárnutí kůže a aktinického stárnutí se pokusil objasnit Li et al. ve své studii z roku 2020. Zaměřil se na složení a funkci specifických mikrobiálních společenstev v jednotlivých fázích stárnutí a jejich schopnost ovlivnit poškození kůže způsobené UV zářením, integritu imunitní bariéry, biosyntézu a metabolismus látek, které mění proces stárnutí (18). Pomocí