

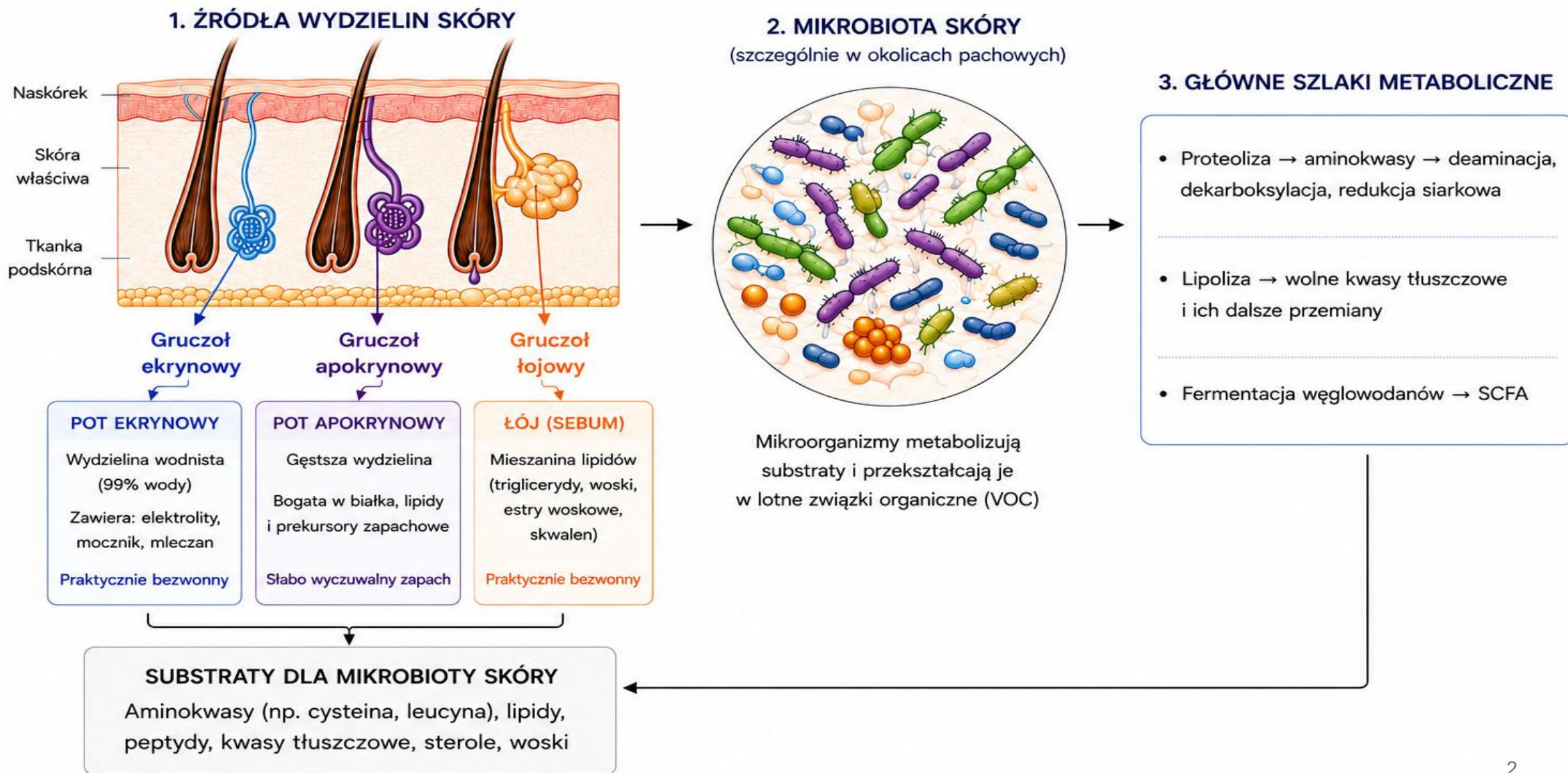
**ZABIĆ ZAPACH, NIE  
MIKROBIOM:  
JAK BADAĆ SKUTECZNOŚĆ  
KOSMETYKÓW ANTI-ODOR**

**Dr n. farm. Paweł Lisiecki**



# Patogeneza nieprzyjemnego zapachu skóry (bromhidrosis)

*Nieprzyjemny zapach skóry nie jest efektem samego wydzielania potu, lecz powstaje w wyniku metabolizmu wydzielin skóry przez mikrobiotę.*

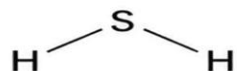


# CHEMIA ZAPACHU SKÓRY – KLUCZOWE LOTNE METABOLITY

(VOC – Volatile Organic Compounds)

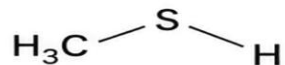
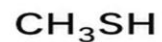
## VSC – Volatile Sulfur Compounds

(lotne związki siarki)



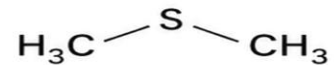
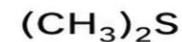
Siarkowodór

zapach zgniłych jaj



Metanotiol

zapach gnijącej kapusty

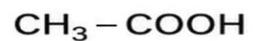


Siarczek dimetylu

zapach czosnku/kapusty

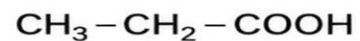
## SCFA – Short-Chain Fatty Acids

(krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe)



Kwas octowy

ostry, kwaśny



Kwas propionowy

ostry, kwaśny,  
nieprzyjemny



Kwas izowalerianowy

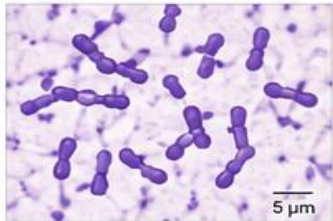
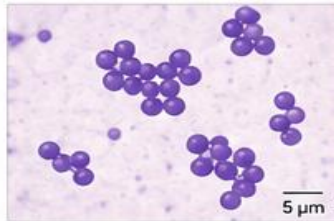
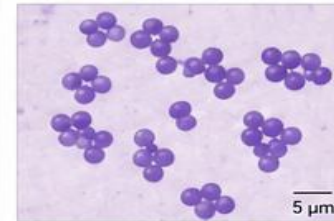
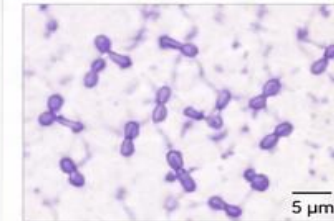
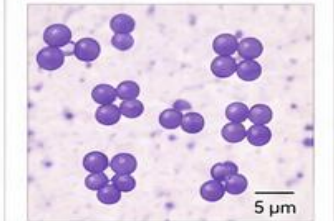
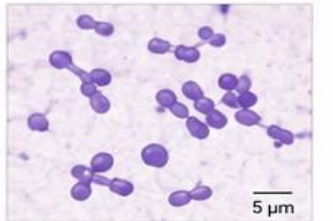












serowy, zjełczały,  
nieprzyjemny

## INNE ZWIĄZKI LOTNE (VOC)

- Aldehydy (np. 3-metylo-2-heksenal)
- Alkohole (np. 3-metylo-3-sulfanyloheksan-1-ol)
- Ketony
- Aminy (np. putrescyna, kadaweryna)

# Kluczowe mikroorganizmy odpowiedzialne za nieprzyjemny zapach skóry

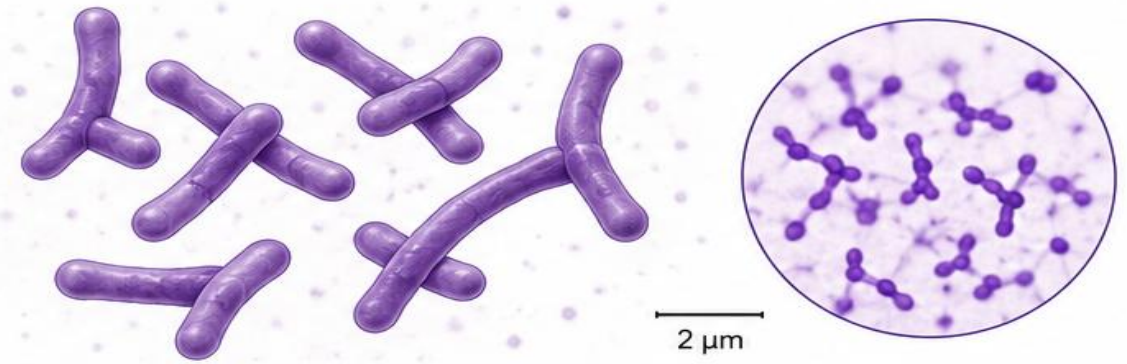
Mikrobiota skóry przekształca wydzieliny skóry w lotne związki zapachowe (VOC) odpowiedzialne za malodor.

	<i>Corynebacterium spp.</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Cutibacterium acnes</i> (= <i>Propionibacterium acnes</i> )	<i>Micrococcus spp.</i>	<i>Brevibacterium spp.</i>
<b>Obraz mikroskopowy (Gram)</b>						
<b>Obraz schematyczny</b>						
	Pateczki maczugowate, często w układzie liter $\epsilon$ V lub palisadowym	Ziarniki w skupiskach	Ziarniki w skupiskach	Pateczki, czasem nieco zakrzywione	Ziarniki w tetradach lub skupiskach	Pateczki maczugowate, układy nieregularne
<b>Morfologia</b>	Gram-dodatnie beztlenowe względnie	Gram-dodatnie tlenowe względnie	Gram-dodatnie tlenowe względnie	Gram-dodatnie beztlenowe	Gram-dodatnie tlenowe	Gram-dodatnie tlenowe
<b>Typowa lokalizacja na skórze</b>	 Pachy, okolice apokrynowe oraz pachwiny (miejsca wilgotne i okluzyjne)	 Pachy, klatka piersiowa, okolice wilgotne oraz pachwiny	 Pachy, tułów, skóra wilgotna, stopy oraz pachwiny	 Obszary tojotokowe: twarz, plecy, klatka piersiowa, skóra głowy (rzadziej pachwiny)	 Skóra sucha i wilgotna, tułów, kończyny oraz pachwiny	 Stopy, przestrzenie międzypalcowe oraz pachwiny
<b>Uwagi dotyczące obecności w okolicach intymnych (pachwiny)</b>	Często obecne. Istotny udział w powstawaniu zapachu w miejscach wilgotnych i okluzyjnych.	Często obecne. Może uczestniczyć w powstawaniu zapachu w pachwinach.	Często obecne. Może współuczestniczyć w papachu w pachwinach, szczególnie w warunkach wilgoci.	Rzadziej w pachwinach (o ile brak gruczołów tojowych w tym obszarze), jednak może być obecne w sprzyjających warunkach.	Może być obecne. Udział w zapachu w pachwinach zwykle niewielki.	Może być obecne, zwłaszcza w miejscach o zwiększonej wilgotności i tarcu.

# Corynebacterium spp.

Kluczowy „architekt” nieprzyjemnego zapachu skóry

Pałeczki Gram-dodatnie, beztlenowe względnie, należące do dominujących producentów lotnych związków zapachowych w mikrobiocie skóry.



## NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI

- *Corynebacterium striatum*
- *Corynebacterium tuberculostearicum*
- *Corynebacterium jeikeium*
- *Corynebacterium kroppenstedtii*
- (historycznie także *C. xerosis*)



## PROFIL ZAPACHOWY



Ostry, intensywny, cebulowo-siarkowy, „potowy”

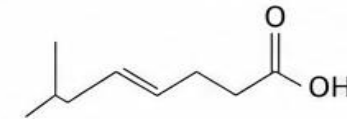
lekki

bardzo intensywny

## GŁÓWNE PRODUKTY ZAPACHOWE



3-metylo-3-sulfanyloheksan-1-ol (3M3SH)  
(tioalkohol)



kwask 3-metylo-2-heksenowy  
(kwask tłuszczowy)

H<sub>2</sub>S  
siarkowódor  
(związek siarki)

R-SH  
inne tioalkohole

Związki siarkowe i kwasy tłuszczowe odpowiadające za charakterystyczny zapach.

## GDZIE WYSTĘPUJE

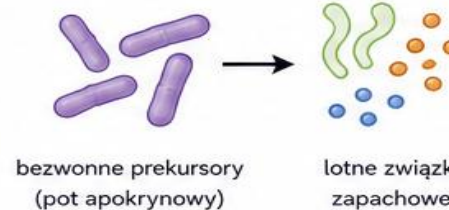


- pachy
- pachwiny
- okolice intymne
- fałdy skórne
- miejsca okluzji (wysoka wilgotność i temperatura)

## MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU

*Corynebacterium* spp. rozkładają bezwonne prekursorzy obecne w wydzielinie apokrynowej do lotnych związków zapachowych za pomocą enzymów:

- β-liazy
- aminoacylazy
- enzymy proteolityczne



## CIEKAWOSTKI



*Corynebacterium* spp. to jedne z głównych bakterii odpowiedzialnych za prawdziwą bromhidrozę pachową.



Wyższy udział *Corynebacterium* w mikrobiocie pach koreluje z większą intensywnością zapachu.



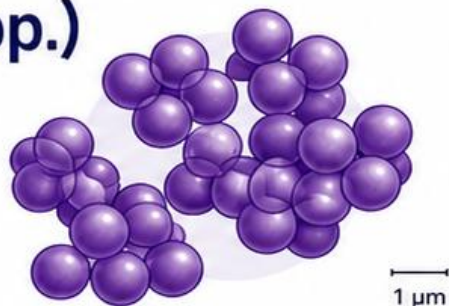
Różnice między osobami w składzie tych bakterii tłumaczą, dlaczego zapach ciała jest tak indywidualny.

# Gronkowce (*Staphylococcus* spp.)

## Kluczowi uczestnicy nieprzyjemnego zapachu skóry

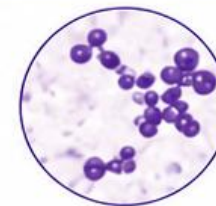
Gronkowce to bakterie Gram-dodatnie, katalazo-dodatnie, powszechnie występujące na skórze człowieka.

Wybrane gatunki intensywnie metabolizują składniki potu i sebum, wytwarzając lotne związki odpowiedzialne za zapach.



### CECHY CHARAKTERYSTYCZNE

- Gram-dodatnie ziarniaki w skupiskach
- Niektóre szczepy koagulazo-ujemne (CNS)
- Naturalni mieszkańcy skóry i błon śluzowych
- Ważny element zdrowej mikrobioty – zaburzenie równowagi sprzyja zapachowi



Obraz mikroskopowy (Gram)

### *Staphylococcus hominis*

#### PROFIL ZAPACHOWY

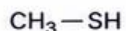


Ostry, cebulowy, siarkowy,

#### GLÓWNE PRODUKTY ZAPACHOWE



3-metylo-3-sulfanyloheksan-1-ol (3M3SH)  
(tioalkohol)



metanotiol



siarkowodór

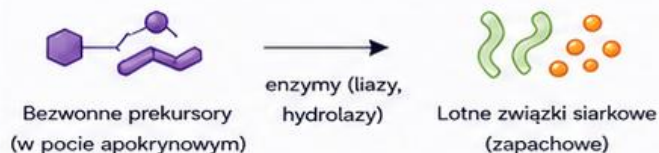
#### LOKALIZACJA



- pachy
- pachwiny
- klatka piersiowa
- okolice wilgotne

#### MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU

Wysoka aktywność enzymatyczna wobec związków siarkowych (koniugaty cysteinowe, tiolowe prekursorzy potu).



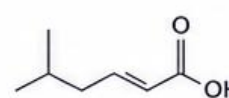
### *Staphylococcus epidermidis*

#### PROFIL ZAPACHOWY

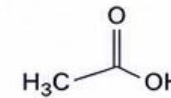


Kwaśny, zjeżdżaty, serowy

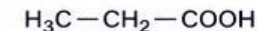
#### GLÓWNE PRODUKTY ZAPACHOWE



kwas izowalerianowy  
(zapach serowy)



kwas octowy  
(zapach kwaśny)



kwasy tłuszczowe krótkotańcuchowe

#### LOKALIZACJA



- pachy
- pachwiny
- stopy
- skóra wilgotna

#### MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU

Fermentacja aminokwasów, mleczanu i innych składników potu prowadząca do powstania kwasów organicznych.



### CIEKAWOSTKI



*S. hominis* jest jednym z głównych producentów tioalkoholi odpowiedzialnych za intensywny zapach pach.



*S. epidermidis* może pełnić funkcję ochronną – jego przewaga często koreluje z mniejszą intensywnością nieprzyjemnego zapachu.



Skład gatunkowy gronkowców jest indywidualny i zależy od higieny, diety, hormonów oraz zastosowania kosmetyków.

### PODSUMOWANIE

Gronkowce (szczególnie *S. hominis* i *S. epidermidis*) odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu zapachu skóry poprzez produkcję lotnych związków siarkowych i kwasów organicznych.

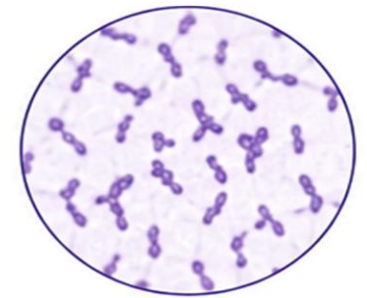
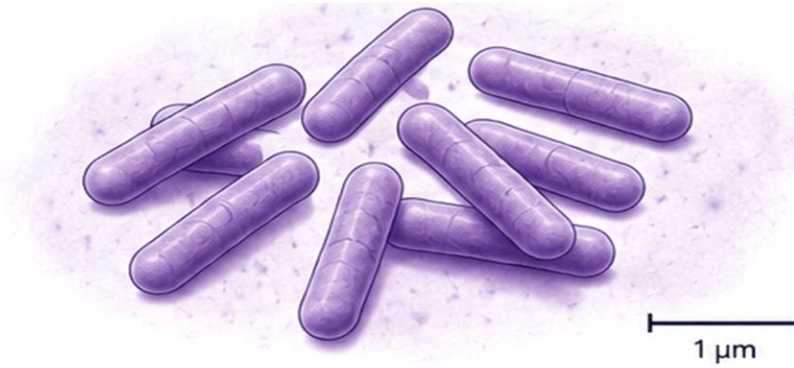


Gronkowce są naturalną częścią mikrobioty skóry. Problem pojawia się, gdy równowaga mikrobiologiczna zostaje zaburzona, a ich metabolizm w środowisku bogatym w pot i sebum prowadzi do powstawania związków zapachowych.

# Cutibacterium acnes

(dawniej *Propionibacterium acnes*)

Beztlenowa, Gram-dodatnia pałeczka należąca do naturalnej mikrobioty skóry łojotokowej. Choć nie jest głównym sprawcą zapachu pach, odpowiada za charakterystyczny zapach tłuszczy i kwaśny w miejscach bogatych w łój.



Obraz mikroskopowy  
(Gram-dodatnie pałeczki)

## GATUNEK

### *Cutibacterium acnes*

Najczęściej występujący gatunek *Cutibacterium*.

Bytuje w mieszkach włosowych i gruczołach łojowych.



## CHARAKTER ZAPACHU



Zapach tłuszczy, kwaśny, jętczejący, „stary łój”

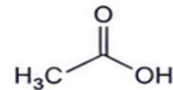
- przypomina zapach jętczejącego sebum
- lekko kwaśny, czasem „skórzany”
- nasila się w miejscach o dużej aktywności gruczołów łojowych



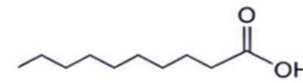
Nie odpowiada za ostry zapach pach, ale za zapach skóry tłustej i zanieczyszczonej.

## GŁÓWNE ZWIĄZKI ZAPACHOWE

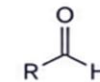
Powstają w wyniku rozkładu lipidów (sebum).



kwas propionowy  
(kwaśny)



wolne kwasy tłuszczy  
(tłuszczy, jętczejący)



aldehydy  
(tłuszczy, ostry)

### INNE ZWIĄZKI

diacetyl, kwas octowy, izowalerianowy, metyloketony, związki siarki (śladowo)

## CIEKAWOSTKI



Bytuje głęboko w mieszkach włosowych – w miejscach o niskim stężeniu tlenu.



Obecny u >90% dorosłych – to element fizjologicznej mikrobioty skóry.



Może działać ochronnie – produkuje bakteriocyny (np. cutibakteriocynę).



Nadmierny wzrost i aktywność enzymów prowadzi do trądziku i zapachu tłuszczy.

## MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU



sebum  
(triglicerydy)



*Cutibacterium acnes*  
(lipazy, esterazy)



wolne kwasy tłuszczy  
i inne związki



zapach tłuszczy,  
kwaśny, jętczejący

## GDZIE WYSTĘPUJE?

Miejsca bogate w gruczoły łojowe:



twarz  
(czoło, nos, broda)



plecy



klatka piersiowa



skóra głowy



okolice uszu

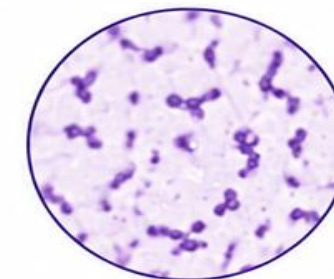
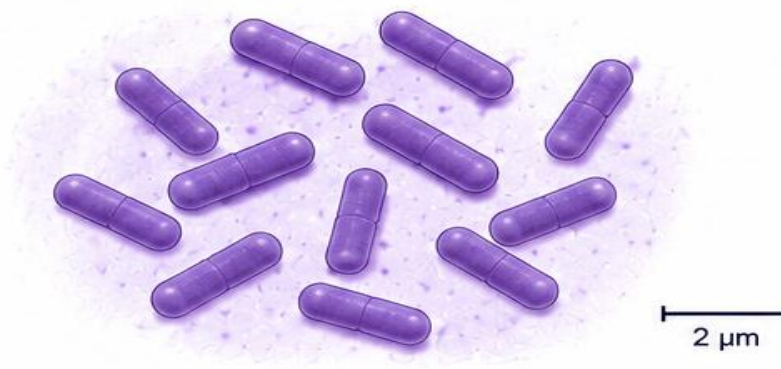


**W SKRÓCIE:** *Cutibacterium acnes* rozkłada sebum, uwalniając wolne kwasy tłuszczy i związki kwaśne – dlatego odpowiada za zapach tłuszczy, jętczejący i „stary łój” typowy dla skóry łojotokowej.

# Brevibacterium spp.

## „Specjaliści od zapachu stóp”

Gram-dodatnie, niepatogenne pałeczki powszechnie występujące na skórze, zwłaszcza w wilgotnych i okluzyjnych miejscach, takich jak stopy i przestrzenie międzypalcowe. Ich metabolizm aminokwasów, szczególnie leucyny, prowadzi do powstawania intensywnego, serowego, nieprzyjemnego zapachu.



Obraz mikroskopowy (Gram-dodatnie pałeczki)

### NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI

- *Brevibacterium linens* (podobne szczepy)
- *Brevibacterium casei*
- *Brevibacterium epidermidis*
- *Brevibacterium otitidis*
- *Brevibacterium jeotgali*



### CHARAKTER ZAPACHU

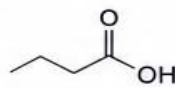


**Intensywny, serowy, zjełczały, fermentacyjny**

Typowy „zapach stóp” i obuwia po długim noszeniu.

### GŁÓWNE ZWIĄZKI ZAPACHOWE

Powstają głównie w wyniku katabolizmu leucyny oraz innych aminokwasów.



kwas izowalerianowy (serowy, zjełczały)



aminy (np. kadaweryna, putrescyna) (rybi, zgnity)



merkaptany i tiozwiązki (siarkowe, ostre)

Inne: kwas octowy, kwas propionowy, aldehydy, alkohole

### GDZIE WYSTĘPUJE?



stopy – szczególnie przestrzenie międzypalcowe



wnętrze obuwia, wkładki, skarpety

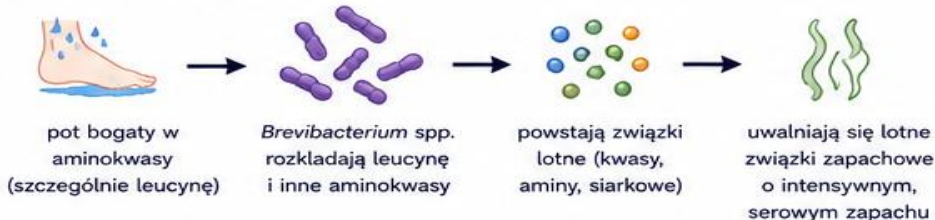


odzież sportowa i syntetyczna (zatrzymuje wilgoć i pot)

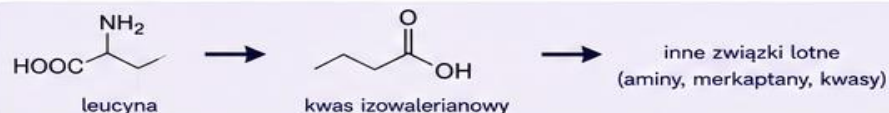


wilgotne środowiska: prysznice, baseny, szatnie

### MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU



Katabolizm leucyny (główna droga):



### CIEKAWOSTKI



*Brevibacterium* jest spokrewnione z bakteriami wykorzystywanymi w dojrzewaniu serów (np. *B. linens*) – stąd serowy charakter zapachu.



Potrąfi przetrwać na tkaninach i w obuwia przez długi czas, dlatego zapach powraca nawet po krótkim noszeniu.



Optymalne warunki to wysoka wilgotność, temperatura 25–37°C i ograniczony dostęp powietrza.



Tworzy biofilm na skórze i materiałach, co zwiększa jego odporność na mycie i detergenty.

### PODSUMOWANIE

*Brevibacterium spp.* nie są patogenne, ale są kluczowym źródłem charakterystycznego, serowego zapachu stóp i obuwia. Ich zdolność do rozkładu aminokwasów – szczególnie leucyny – prowadzi do powstawania lotnych kwasów i amin o bardzo intensywnym, nieprzyjemnym zapachu.



**KLUCZ DO KONTROLI ZAPACHU:** redukcja wilgoci, dobra wentylacja, naturalne tkaniny, regularne pranie i dezynfekcja obuwia.

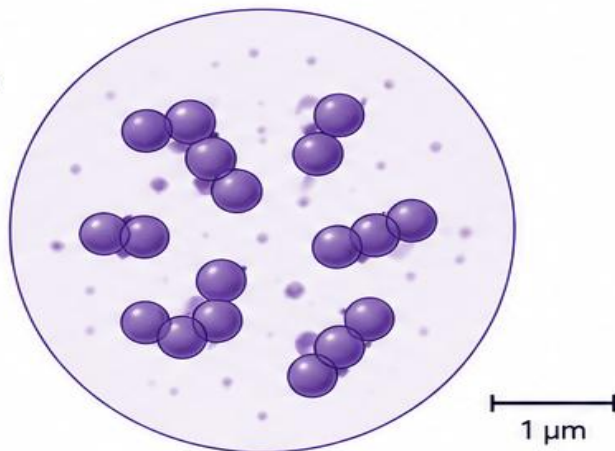


**ROLA OCHRONNA:** *Brevibacterium spp.* mogą konkurować z patogenami i uczestniczyć w utrzymaniu równowagi mikrobiologicznej skóry.

# ANAEROCOCCUS spp.

## – niedoceniany gracz

Gram-dodatnie ziarniaki beztlenowe, żyją w miejscach wilgotnych, zamkniętych i o niskiej podaży tlenu.



### GDZIE WYSTĘPUJE?

Pachy, pachwiny, okolice intymne, fałdy skórne, przestrzenie okluzyjne



### PROFIL ZAPACHOWY

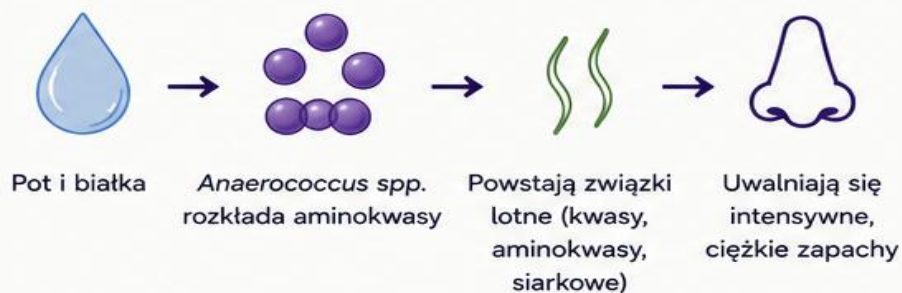
Ciężki, kwaśny, „mokry tekstylny”, stęchły



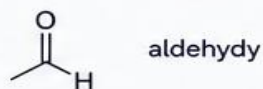
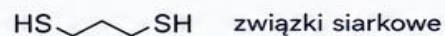
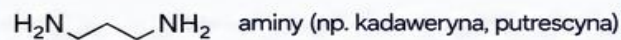
### DLACZEGO TU?

Preferuje środowiska beztlenowe – okluzja, wysoka wilgotność, niska wentylacja

### JAK POWSTAJE ZAPACH?



### KLUCZOWE ZWIĄZKI ZAPACHOWE



### DLACZEGO NIEDOCENIANY?



Trudny do wykrycia – beztlenowy, wrażliwy na tlen, często pomijany w badaniach.



Występuje w mniejszej ilości niż inne bakterie, ale silnie wpływa na zapach.



Ma wysoką aktywność enzymatyczną – skutecznie rozkłada białka i aminokwasy.



Jego rola rośnie w miejscach okluzji i przy problemach zapachowych, np. w fałdach skórnych.

### IDEALNE WARUNKI DLA ANAEROCOCCUS spp.



wysoka wilgotność



okluzja  
(ucisk, tarcie, brak przewiewu)



ciepło



niska dostępność tlenu



obecność białek i aminokwasów w pocie




### PAMIĘTAJ!

Mały gracz – duży wpływ. Anaerococcus spp. to cichy współwinowajca nieprzyjemnego zapachu w miejscach, gdzie inni mikroorganizmy nie dominują.

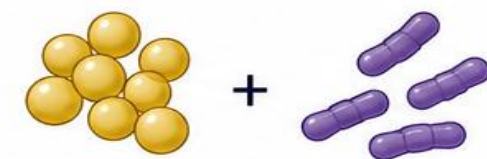
# NIE ISTNIEJE JEDEN „MIKROB ZAPACHU”.

Różne profile zapachowe wynikają z różnych nisz skóry:


**CEBULA / SIARKA**



↓

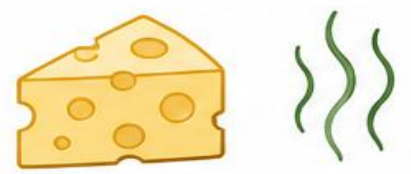


*Staphylococcus hominis* + *Corynebacterium spp.*




pachy, pachwiny,  
miejsca okluzji,  
fałdy skórne


**KWAŚNY / SEROWY**



↓




*Staphylococcus epidermidis* + *Brevibacterium spp.*




stopy, przestrzenie  
międzypalcowe,  
wilgotne miejsca


**TŁUSZCZOWY / JEŁCZEJĄCY**



↓




*Cutibacterium acnes*

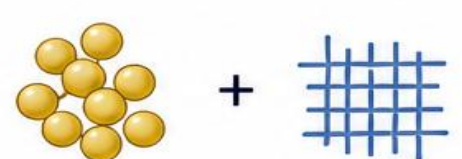


skóra łojotokowa:  
twarz, skóra głowy,  
plecy, klatka piersiowa


**TEKSTYLNÝ / STĘCHŁY**



↓



*Micrococcus spp.* + biofilm odzieży



odzież, tekstylia,  
syntetyki, środowisko  
o dużej wilgotności



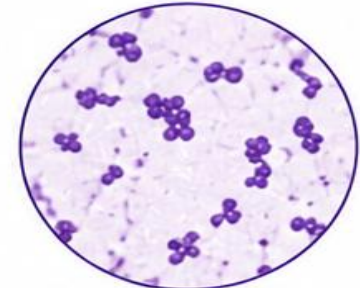
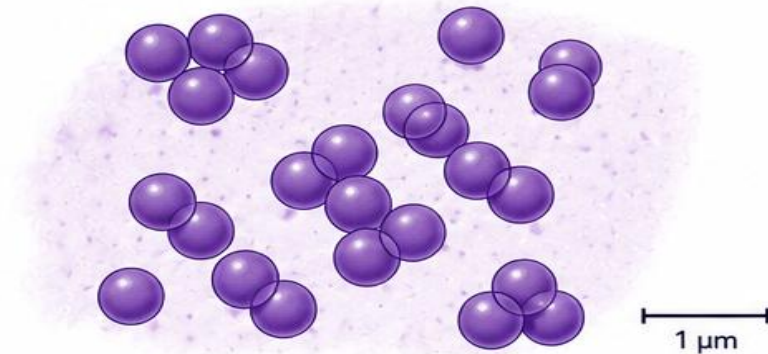
Każdy zapach to efekt współpracy mikroorganizmów i środowiska.

**Zrozum niszę – dobierz działanie.**

# Micrococcus spp.

Mieszkaniec suchej skóry i tekstyliów – „zapach starego potu”

Micrococcus to Gram-dodatnie, kuliste bakterie powszechnie występujące na skórze człowieka, tkaninach i w środowisku. Choć rzadko kojarzone z intensywnym zapachem, ich metabolity przyczyniają się do powstawania charakterystycznego, lekko kwaśnego, tłuszczowego zapachu „starego potu”.



Obraz mikroskopowy (Gram-dodatnie ziarniki)

## GATUNKI

Najczęściej spotykany gatunek:

**Micrococcus luteus**



Inne gatunki:

- *Micrococcus lylae*
- *Micrococcus varians*
- *Micrococcus sedentarius*
- *Micrococcus flavus*

## CHARAKTER ZAPACHU

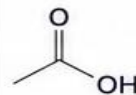


**Lekko kwaśny,  
tłuszczowy,  
„zapach starego potu”**

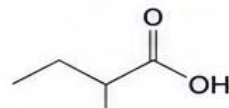
- delikatnie kwaśny, czasem maślany lub zjełczały
- kojarzony z nieświeżą odzieżą i długotrwałym potem
- mniej intensywny niż zapach pachowy, ale charakterystyczny w tkaninach

## GŁÓWNE ZWIĄZKI ZAPACHOWE

Powstają w wyniku rozkładu składników potu, lipidów i aminokwasów.



kwas mlekowy (kwaśny)



kwas izowalerianowy (zjełczały, serowy)



metylmerkaptan (siarkowy)

### INNE ZWIĄZKI

aldehydy, ketony, krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, estry, związki siarki (w niskich stężeniach)

## GDZIE WYSTĘPUJE?



skóra sucha i lekko wilgotna (klatka piersiowa, ramiona, plecy, uda)



odzież, pościel, ręczniki, zwłaszcza materiały syntetyczne



obuwie, wkładki, torby sportowe



środowisko domowe (kurz, powierzchnie)

## MECHANIZM POWSTAWANIA ZAPACHU



pot i sebum na skórze lub tkaninie (prekursory: lipidy, aminokwasy, mocznik)



*Micrococcus spp.* rozkładają składniki organiczne



powstają kwasy tłuszczowe, aldehydy, ketony, związki siarki



uwalniają się lotne związki zapachowe o charakterze kwaśnym, tłuszczowym („stary pot”)

## CIEKAWOSTKI



*Micrococcus luteus* jest jedną z najczęściej izolowanych bakterii z odzieży, szczególnie sportowej.



Tworzy biofilm na tkaninach – odporny na pranie, co sprzyja utrzymywaniu się zapachu.



Może produkować żółty pigment (luteina), widoczny na tkaninach po długim użytkowaniu.



Rzadko wywołuje infekcje – traktowany jako mikroorganizm o niskiej patogenności.

## PODSUMOWANIE

*Micrococcus spp.* nie są głównym sprawcą intensywnego zapachu pachowego, ale odpowiadają za charakterystyczny zapach „starego potu”, szczególnie w odzieży, obuwiu i na suchej skórze.

Ich aktywność metaboliczna powoduje powstawanie lotnych kwasów tłuszczowych i związków siarki, które nadają zapachowi kwaśno-tłuszczowy, lekko zjełczały charakter.

**Znaczenie:** utrzymywanie się zapachu na tkaninach i w środowisku (tekstylia, obuwie).



**W SKRÓCIE:** *Micrococcus* = lekko kwaśny, tłuszczowy zapach „starego potu”, głównie na tkaninach i suchej skórze.

# DLACZEGO ZAPACH SKÓRY RÓŻNI SIĘ MIĘDZY LUDŹMI?

Wiek, płeć, hormony, mikrobiota i genetyka kształtują indywidualny profil zapachowy.

## 1 DZIECI (przed pokwitaniem)



### DLACZEGO PACHNĄ INACZEJ?

- niska aktywność gruczołów apokrynowych
- mało prekursorów zapachowych
- inne sebum (mniej lipidy, inne składniki)
- niedojrzała mikrobiota skóry

### EFEKT

- ✓ słabszy zapach pachowy
- ✓ mniej związków siarkowych
- ✓ bardziej neutralny profil



Przed pokwitaniem bromhidroza pachowa praktycznie nie występuje.

## 2 KOBIECY



### CHARAKTERYSTYKA

- zwykle mniejsza aktywność gruczołów apokrynowych
- inny skład lipidów skóry
- wpływ estrogenów
- częściej większy udział *Staphylococcus* spp.

### PROFIL ZAPACHOWY

- łagodniejszy
- mniej intensywnie siarkowy
- subtelniejszy, „cieplejszy”



### CIEKAWOSTKA

W części badań kobiety mają mniej *Corynebacterium* spp., które są silnie związane z powstawaniem bromhidrozy.

## 3 MĘŻCZYŹNI



### CHARAKTERYSTYKA

- większa aktywność gruczołów apokrynowych
- więcej sebum (więcej lipidów)
- wpływ androgenów
- częściej większy udział *Corynebacterium* spp.

### PROFIL ZAPACHOWY

- intensywniejszy
- bardziej siarkowy
- bardziej „ostry”, „wyrazisty”



### CIEKAWOSTKA

Mężczyźni wytwarzają więcej prekursorów tioalkoholi i związków siarkowych, co zwiększa intensywność zapachu.



## GENETYKA MA ZNACZENIE

### ABCC11

polimorfizm genu ABCC11 moduluje ilość wydzieliny apokrynowej i dostępność prekursorów zapachowych.



Wariant aktywny ABCC11 więcej wydzieliny apokrynowej i intensywniejszy zapach. ↑



Wariant nieaktywny ABCC11 mniej wydzieliny apokrynowej i słabszy zapach. ↓



## PODSUMOWANIE



**DZIECI** → mało substratu, niedojrzała mikrobiota → słabszy zapach



**KOBIECY** → inny metabolizm i mikrobiota → łagodniejszy profil



**MĘŻCZYŹNI** → więcej substratu i *Corynebacterium* → intensywniejszy profil

# WARIANTY ABCC11 A ZAPACH PACHOWY

Dlaczego nie wszyscy pachną tak samo?



**ABCC11** – gen kodujący transporter składników wydzieliny gruczołów apokrynowych.

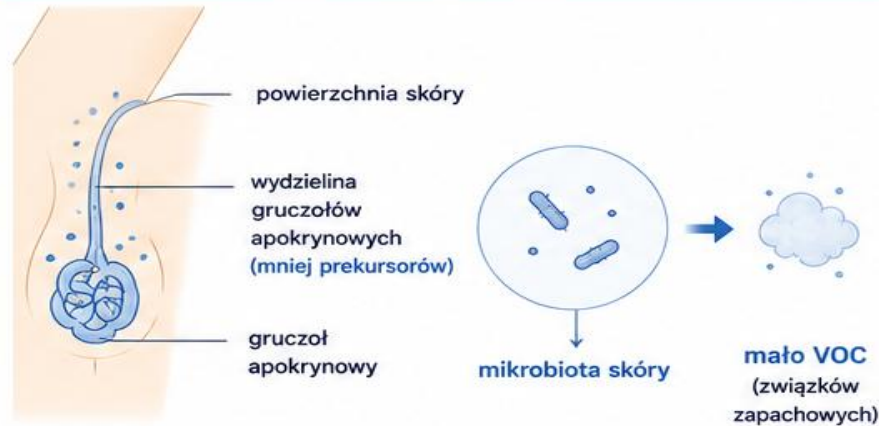
## WARIANT AKTYWNY ABCC11



- ↑ więcej prekursorów zapachowych w wydzielinie
- ↑ więcej substratu dla mikrobioty
- ↑ większa produkcja lotnych związków zapachowych (VOC)

→ **INTENSYWNIEJSZY ZAPACH PACHOWY**

## WARIANT NIEAKTYWNY ABCC11



- ↓ mniej prekursorów zapachowych w wydzielinie
- ↓ mniej substratu dla mikrobioty
- ↓ mniejsza produkcja lotnych związków zapachowych (VOC)

→ **SŁABSZY LUB MINIMALNY ZAPACH PACHOWY**



## RÓŻNICE POPULACYJNE

Wariant nieaktywny ABCC11 występuje często w populacjach Azji Wschodniej.



## WOSKOWINA USZNA

Wariant aktywny  
zwykle woskowina mokra



Wariant nieaktywny  
zwykle woskowina sucha



## PODSUMOWANIE

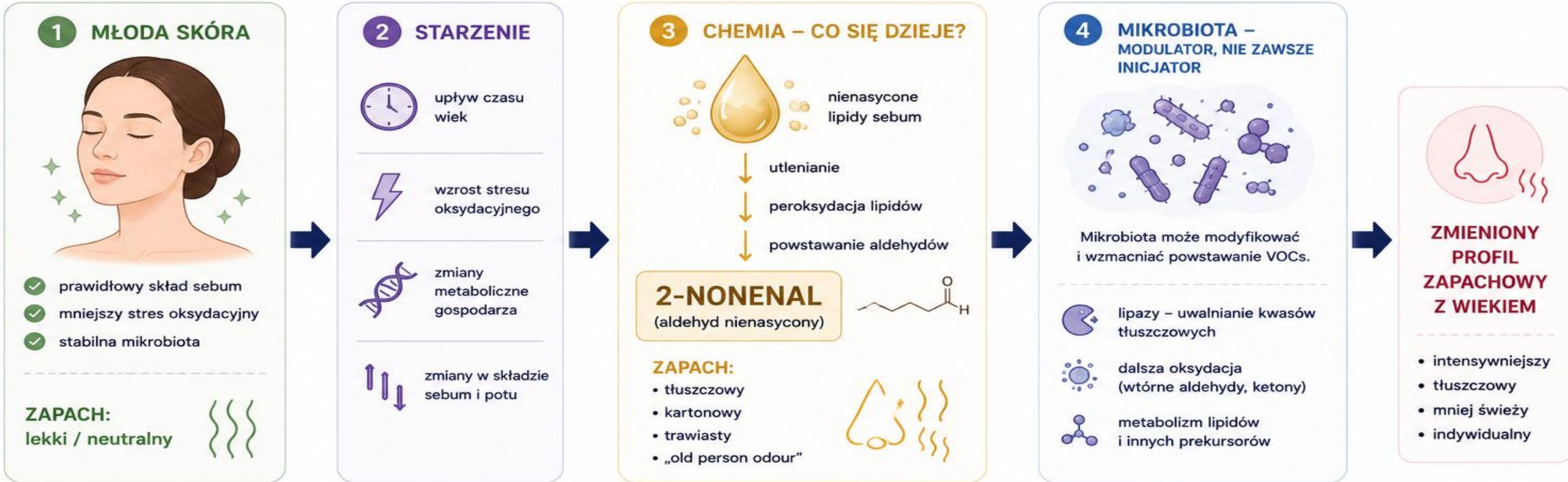
ABCC11 wpływa na skład wydzieliny apokrynowej, ilość substratu dla mikrobioty oraz ostateczną **intensywność zapachu pachowego.**



Zapach pachowy to wynik interakcji: genetyka (ABCC11) → wydzielina gruczołów apokrynowych → mikrobiota skóry → lotne związki zapachowe (VOC)

# ZAPACH STARZENIA SIĘ SKÓRY

Dlaczego zapach skóry zmienia się z wiekiem?



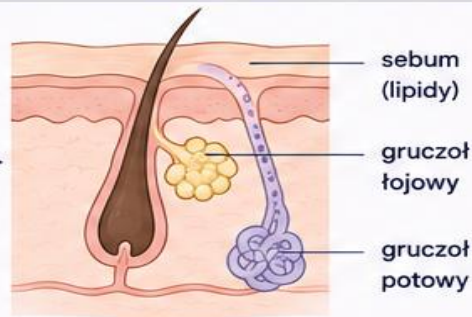
**NOWY PARADYGMAT**

Zapach skóry to efekt współpracy wielu czynników.

Nie każdy zapach skóry jest bezpośrednio efektem metabolizmu bakteryjnego.

Część lotnych związków (np. 2-nonenal) powstaje wskutek zmian metabolicznych gospodarza i utleniania lipidów sebum.

**ZAPACH = CECHA HOLOBIONTU CZŁOWIEK–MIKROBIOTA**



**GDZIE NAJCZĘŚCIEJ WYKRYWANY?**

- 👤 twarz
- 👤 skóra głowy
- 👤 klatka piersiowa i tułów

**WNIOSOWANIE PRAKTYCZNE**

Wręcz z wiekiem kluczowe jest nie tylko działanie przeciwbakteryjne, ale też:

- ✔ redukcja stresu oksydacyjnego
- ✔ ochrona lipidów sebum
- ✔ modulacja składu sebum
- ✔ wsparcie równowagi mikrobioty

2-nonenal wykrywa się częściej u osób >40–50 r.ż. i jest jednym z głównych markerów zapachu starzenia.

VOCs – lotne związki zapachowe (volatile organic compounds)

# ZAPACH SKÓRY – NOWA KONCEPCJA

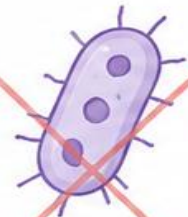
Zapach ciała to efekt złożonej współpracy wielu czynników.

## STARY MODEL model uproszczony



**POT**  
(gruczoły potowe)

+



**BAKTERIE**  
(mikrobiota)



**ZAPACH**

**POT + BAKTERIE = ZAPACH**

## NOWY MODEL



**GOSPODARZ**  
genetyka (np. ABCC11),  
hormony, wiek,  
stres oksydacyjny



**POT**  
gruczoły  
ekrynowe  
i apokrynowe,  
prekursory  
zapachowe



**LOTNE ZWIĄZKI  
ZAPACHOWE  
(VOC)**



**ŁÓJ  
(SEBUM)**  
lipidy (skwalen,  
triglicerydy) →  
utlenianie →  
aldehydy  
(np. 2-nonenal)



**MIKROBIOTA**  
enzymy bakteryjne  
(lipazy, esterazy, β-liazy)  
metabolizm prekursorów

### SZCZEGÓLNIE ISTOTNE DLA:



twarzy



skóry głowy



starzenia  
(↑ 2-nonenal  
i inne aldehydy)



**ZAPACH = CECHA HOLOBIONTU CZŁOWIEK – MIKROBIOTA**

Pot + łój + mikrobiota + metabolizm gospodarza = indywidualny profil zapachowy.

# Jak badać skuteczność dezodorującą?



# 1. Metody mikrobiologiczne klasyczne



# 1. AGAR DIFFUSION ASSAY

Klasyczna metoda oceny aktywności przeciwdrobnoustrojowej



## OCENA:

strefy zahamowania wzrostu mikroorganizmów



## ZALETY



**Szybkie**

Krótki czas wykonania



**Tanie**

Niskie koszty, prosta aparatura



**Porównawcze**

Umożliwia porównanie aktywności różnych substancji/formulacji



## WADY / OGRANICZENIA

- Mniej czuła w przypadku **formulacji lipidowych**
- Nie odzwierciedla złożonego **środowiska skóry**
- Nie mierzy bezpośrednio **malodoru** (zapachu)



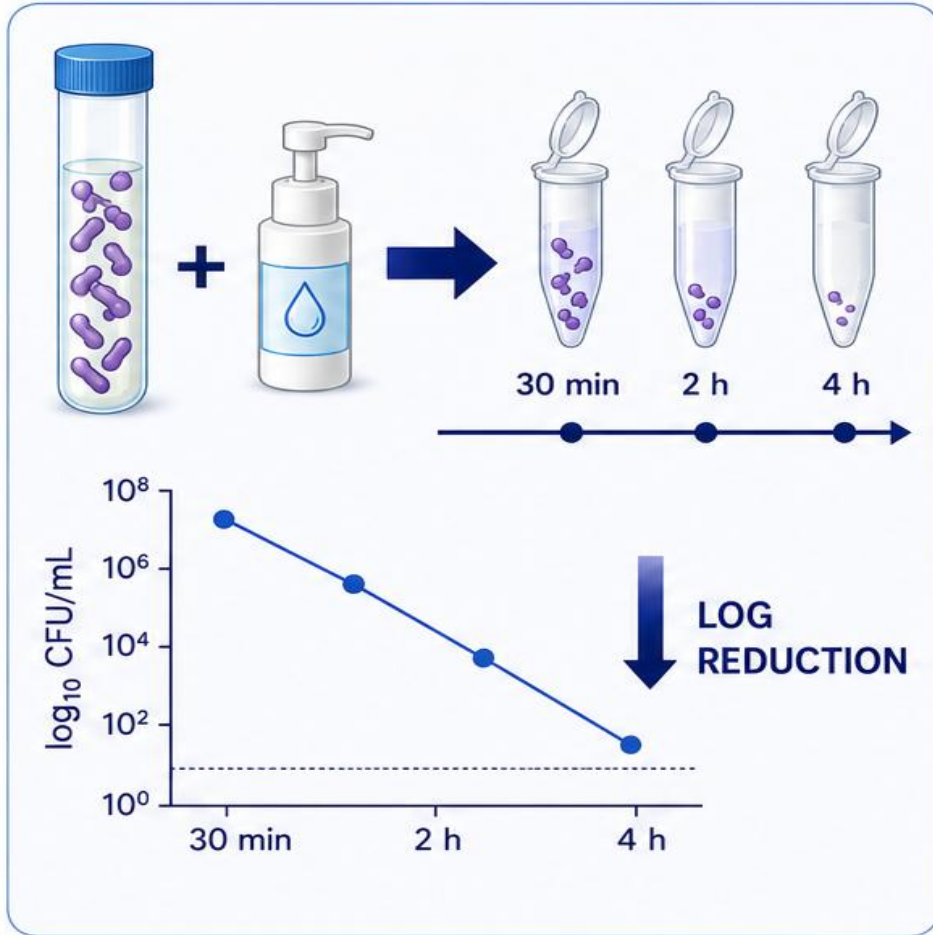
**Metoda agar dyfuzji jest cennym, szybkim i tanim narzędziem porównawczym w badaniach wstępnych.**

Jednak nie powinna stanowić jedynej metody oceny skuteczności nowoczesnych dezodorantów.



# 2. TIME-KILL ASSAY

Ilościowa ocena aktywności przeciwdrobnoustrojowej w czasie



## OCENA:

redukcja logarytmiczna liczby drobnoustrojów (np.  $\log_{10}$  CFU reduction)

## TESTOWANE SZCZEPY:



*Corynebacterium striatum*



*Staphylococcus hominis*



*Staphylococcus epidermidis*



*Cutibacterium acnes*



## ZALETY:



**bardziej ilościowe**  
(precyzyjna ocena redukcji)



**analiza zależna od czasu**  
(kinetyka działania)



**lepsze niż strefy zahamowania**



**dobre do screeningu**  
formulacji aktywnych



## OGRANICZENIA:



nadal model *kill-based*



nie ocenia modulacji mikrobioty



brak rzeczywistego środowiska skóry



nie mierzy zapachu / VOC



Time-kill assay to solidna metoda ilościowej oceny aktywności przeciwdrobnoustrojowej, ale nie odzwierciedla biologii współczesnych dezodorantów mikrobiome-friendly.



## 2. Metody badania mikrobiomu



# 3. CULTURE-BASED MICROBIOTA ASSESSMENT

Praktyczna ocena wpływu produktu na mikrobiotę skóry

## SCHEMAT BADANIA



**Pobranie wymazu**  
pacha lub inne miejsca  
o nadmiernej potilwości  
(np. pachwiny, fałdy skórne)



**BASELINE (D0)**  
przed zastosowaniem  
produktu



**Stosowanie produktu  
przez 28 dni**



codziennie



**PONOWNY WYMAZ**  
po 28 dniach stosowania

**D28**

## OCENA



**Ilościowa hodowlana ocena  
mikrobioty (CFU)**



**Corynebacterium spp.**  
dominujące bakterie  
mikrobioty pachowej



**CoNS**  
(gronkowce koagulazo-ujemne)  
ważne komensale skóry



**Cutibacterium spp.**  
kluczowy komensal  
skóry łojotokowej  
(sebaceus)



## ZALETY

- ✓ praktyczne i łatwe do wdrożenia w badaniach aplikacyjnych
- ✓ biologicznie relewantne – działa na realnej mikrobiocie skóry
- ✓ umożliwia monitorowanie zmian kluczowych grup drobnoustrojów
- ✓ pozwala ocenić wpływ na równowagę mikrobioty (patobionty vs. komensale)
- ✓ zgodne z koncepcją microbiome-friendly i nowoczesnymi oczekiwaniami konsumentów



## ASPEKTY DO UWZGLĘDNIENIA

- ! ocena dotyczy przede wszystkim mikroorganizmów hodowlanych
- ! interpretację warto łączyć z oceną kliniczną / sensoryczną
- ! konieczna jest dobra standaryzacja pobrania próbek i warunków hodowli
- ! należy uwzględnić naturalną zmienność mikrobioty między osobami



**INTERPRETACJA –**  
Co może z tego wynikać?



### redukuje patobionty?

Zmniejsza liczebność bakterii związanych z malodorem i dysbiozą.



### zachowuje komensale?

Nie powinien redukować korzystnych bakterii komensalnych.



**wspiera równowagę  
mikrobioty skóry?**

Pomaga utrzymać zdrową, stabilną mikrobiotę.



Jedna z najbardziej praktycznych metod oceny nowoczesnych produktów dezodorujących ukierunkowanych na modulację mikrobioty i utrzymanie jej równowagi.



# Mikrobiologiczna historia pewnego mleczka dezodorującego



Tabela 1. Liczba komórek drobnoustrojów (cfu/cm<sup>2</sup> skóry) przed i po zastosowaniu produktu kosmetycznego

Probant	Wiek	Płeć	Rodzaj skóry	Liczba drobnoustrojów przed stosowaniem kosmetyku (cfu/cm <sup>2</sup> skóry)	Liczba drobnoustrojów po zastosowaniu kosmetyku (cfu/cm <sup>2</sup> skóry)
1	35	K	T	$6,00 \times 10^4$	$7,00 \times 10^4$
2	35	K	T	$1,80 \times 10^4$	$2,00 \times 10^4$
3	38	K	N	$1,00 \times 10^3$	$1,20 \times 10^3$
4	39	K	N	$1,50 \times 10^3$	$2,00 \times 10^3$
5	41	K	N	$4,50 \times 10^3$	$5,00 \times 10^3$

Tabela 2. Zidentyfikowane drobnoustroje na skórze przed i po zastosowaniu produktu kosmetycznego

Probant	Wiek	Płeć	Rodzaj skóry	Zidentyfikowany Drobnoustrój	Wykryty drobnoustrój przed stosowaniem kosmetyku	Wykryty drobnoustrój po zastosowaniu kosmetyku
1	35	K	T	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
				<i>Micrococcus spp.</i>	+	+
				<i>Staphylococcus hominis</i>	+	-
				<i>Cutibacterium acnes</i>	-	+
				<i>Corynebacterium spp.</i>	+	+
2	35	K	T	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
				<i>Staphylococcus capitis</i>	+	+
				<i>Corynebacterium jeikeium</i>	+	+
				<i>Micrococcus spp.</i>	-	+
3	38	K	N	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
				<i>Micrococcus spp.</i>	+	-
				<i>Corynebacterium spp.</i>	+	+
				<i>Cutibacterium acnes</i>	+	+
				<i>Moraxella spp.</i>	+	+
4	39	K	N	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
				<i>Corynebacterium spp.</i>	+	+
				<i>Staphylococcus lentus</i>	+	-
				<i>Micrococcus spp.</i>	+	-
5	41	K	N	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
				<i>Staphylococcus warneri</i>	+	+
				<i>Staphylococcus hominis</i>	+	-
				<i>Corynebacterium spp.</i>	+	+
				<i>Cutibacterium acnes</i>	+	-
				<i>Micrococcus spp.</i>	-	+

# WPŁYW PRODUKTU NA MIKROBIOTĘ SKÓRY – STATYSTYKA

4-tygodniowe stosowanie mlecza do ciała (n = 10 probantów)

## 1. LICZBA DROBNOUSTROJÓW (CFU/cm<sup>2</sup>)

Ilość hodowalnych drobnoustrojów na skórze pach



PRZED  
(baseline)

$5,0 \times 10^3$   
mediana

PO 28 DNIACH

$5,5 \times 10^3$   
mediana



WZROST  
u 10/10  
probantów

METODA

Hodowla tlenowa,  
ilościowa  
(CFU/cm<sup>2</sup>)

$1,37 \times 10^4$   
średnia

$1,55 \times 10^4$   
średnia



Produkt nie zmniejsza ilości drobnoustrojów.  
Obserwowano niewielki, ale istotny statystycznie wzrost.



Test Wilcoxona (próby zależne):  $p = 0,00195$   
poziom istotności:  $p < 0,05$

## 2. RÓŻNORODNOŚĆ HODOWLANA

Liczba wykrywanych taksonów (gatunków/rodzajów)  
na probanta



PRZED  
(baseline)

4  
mediana

PO 28 DNIACH

4  
mediana



BEZ ZMIAN  
statystycznie  
istotnych

4,0  
średnia

3,7  
średnia



Produkt nie zmniejsza różnorodności mikrobioty.  
Mediana liczby taksonów bez zmian.



Test Wilcoxona (próby zależne):  $p = 0,5625$   
poziom istotności:  $p < 0,05$

## 3. GATUNKI I GRUPY WPŁYWAJĄCE NA ZAPACH

Częstość wykrywalności u probantów

Drobnoustrój / grupa	PRZED (n=10)	PO 28 DNIACH (n=10)	Interpretacja
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10/10	10/10	✓ zachowany u wszystkich
CoNS łącznie (gronkowce koagulazoujemne)	10/10	10/10	✓ zachowana grupa komensalna
<i>Corynebacterium</i> spp. / <i>C. jeikeium</i>	8/10	9/10	✓ nie eliminowane
<i>Cutibacterium acnes</i>	6/10	6/10	✓ bez zmian
<i>Micrococcus</i> spp. / <i>M. luteus</i>	7/10	6/10	✓ niewielka zmiana
<i>Staphylococcus hominis</i>	2/10	0/10	⚠ spadek obecności (mała liczba przypadków)



Kluczowi komensale związani z fizjologicznym zapachem skóry pozostają zachowani.  
Produkt nie wykazuje działania wyjąłwiającego.



PODSUMOWANIE  
WYNIKÓW



NIE ZMNIJSZA ILOŚCI  
DROBNOUSTROJÓW

Wzrost mediany z  $5,0 \times 10^3$   
do  $5,5 \times 10^3$  CFU/cm<sup>2</sup>  
( $p = 0,00195$ )



NIE ZMNIJSZA  
RÓŻNORODNOŚCI

Mediana liczby taksonów  
bez zmian (4 vs 4)  
( $p = 0,5625$ )



ZACHOWUJE KLUCZOWE KOMENSALE  
WPŁYWAJĄCE NA ZAPACH

*Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium* spp.  
oraz *Cutibacterium acnes* pozostają obecne  
u większości probantów.

PRODUKT JEST  
KOMPATYBILNY  
Z MIKROBIOTĄ  
SKÓRY.



Metodyka: hodowla tlenowa (ilościowa i jakościowa), identyfikacja biochemiczna | Okres badania: 4 tygodnie | Miejsce: skóra pach



n = 10  
probantów

Źródło: Raport z badania  
BIOM/99/05/2026 PL

## Wnioski

**Badany produkt kosmetyczny Enzym mleczko dezodoryzujące:**

- nie wykazywał działania redukującego wobec hodowalnej mikrobioty skóry pach,
- po 4 tygodniach stosowania obserwowano statystycznie istotny wzrost liczby hodowalnych drobnoustrojów komensalnych skóry,
- nie eliminował kluczowych przedstawicieli fizjologicznej mikrobioty skóry, w tym *Staphylococcus epidermidis*,
- wykazywał kompatybilność z hodowalną mikrobiotą skóry pach.

Uzyskane wyniki wskazują, że badany produkt wykazuje cechy produktu typu microbiome-friendly, tj. kompatybilnego z naturalną mikrobiotą skóry pach i niewykazującego działania destabilizującego wobec jej hodowalnych przedstawicieli.

# Badanie działania przeciwdrobnoustrojowego mleczka dezodorującego

## Time-kill assay – 2 h kontaktu



**METODA**  
Time-kill assay



**CZAS KONTAKTU**  
2 h



**ROZCIĘCZENIA**  
seryjne  $10^{-1}$  –  $10^{-4}$   
(w analizie wykorzystano najbardziej odpowiednie rozcieńczenie)



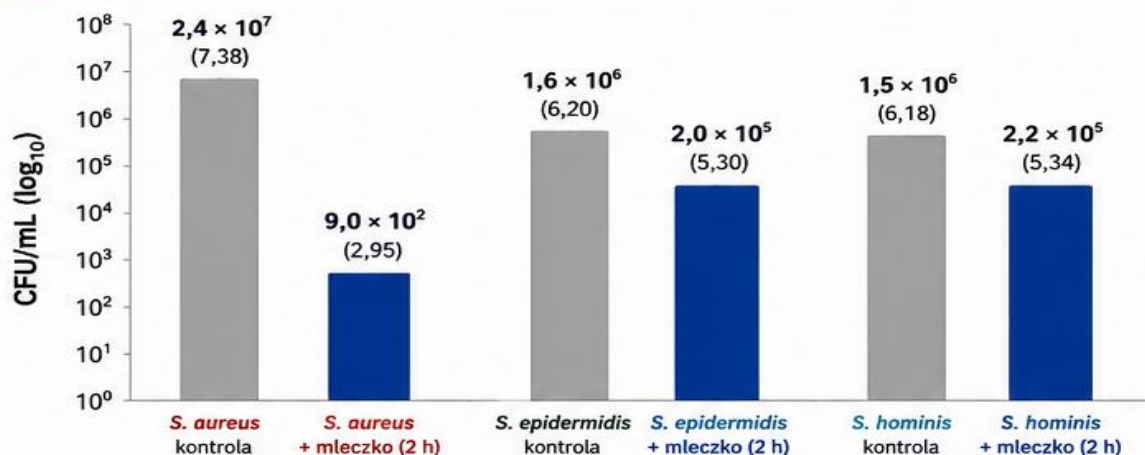
**POSIEW**  
powierzchniowy  
0,1 mL



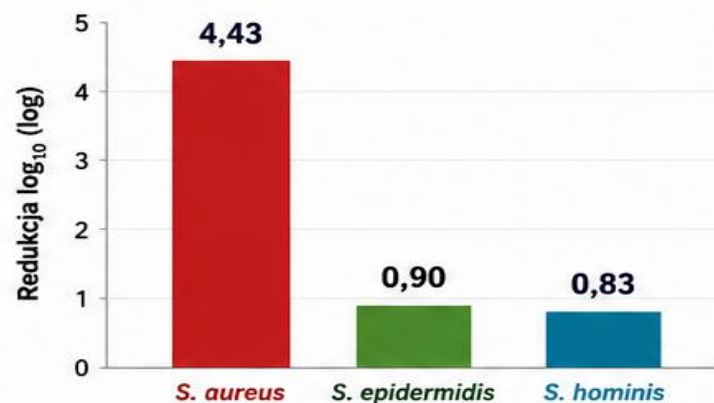
**KONTROLA**  
T0 – kontrola wzrostu  
(bez produktu)

- *S. aureus* (patogen)
- *S. epidermidis* (komensal)
- *S. hominis* (komensal)
- kontrola (bez produktu)
- mleczko dezodorujące (2 h)

### 1 Liczba żywych komórek (CFU/mL, $\log_{10}$ )



### 2 Redukcja logarytmiczna po 2 h kontaktu z mleczkiem



Redukcja procentowa	
<i>S. aureus</i>	99,996 %
<i>S. epidermidis</i>	87,5 %
<i>S. hominis</i>	85,3 %

*i* Redukcja  $\log_{10} = \log_{10}(\text{kontrola}) - \log_{10}(\text{po 2 h})$   
Obliczenia na podstawie posiewu 0,1 mL.

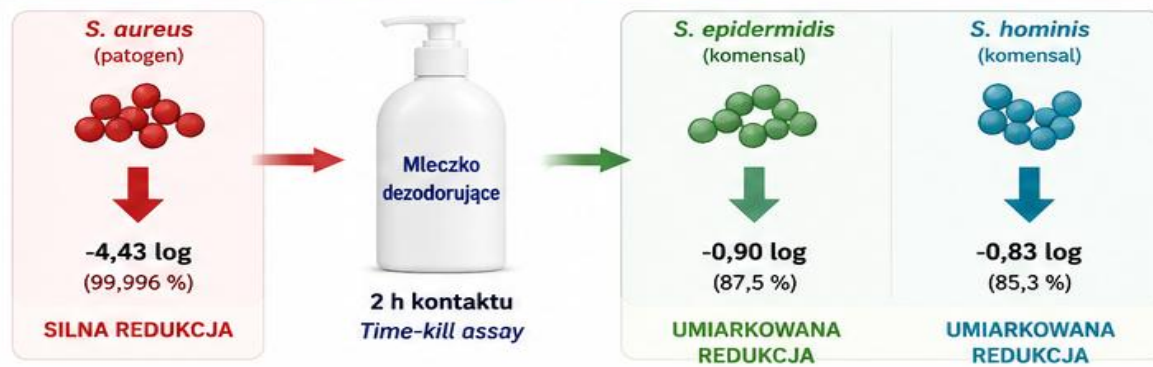
### 3 Szczegółowe wyniki

Szczep	KONTROLA (2 h)				MLECZKO (2 h)				Redukcja	
	Rozcieńczenie	Kolonie	CFU/mL	$\log_{10}$ CFU/mL	Rozcieńczenie	Kolonie	CFU/mL	$\log_{10}$ CFU/mL	$\log_{10}$	%
<i>S. aureus</i>	$10^{-4}$	240	$2,4 \times 10^7$	7,38	$10^{-1}$	9	$9,0 \times 10^2$	2,95	4,43	99,996
<i>S. epidermidis</i>	$10^{-3}$	160	$1,6 \times 10^6$	6,20	$10^{-3}$	20	$2,0 \times 10^5$	5,30	0,90	87,5
<i>S. hominis</i>	$10^{-3}$	150	$1,5 \times 10^6$	6,18	$10^{-3}$	22	$2,2 \times 10^5$	5,34	0,83	85,3

CFU/mL = liczba kolonii (CFU)  $\times$  odwrotność rozcieńczenia  $\times 10$  (posiew 0,1 mL)

W analizie wykorzystano płytki z liczbą kolonii w zakresie 30–300 (dla niższych wartości wyniki mają charakter orientacyjny).

### 4 Selektywna aktywność – nie wyjąłwia, moduluje



**Mleczko dezodorujące wykazuje selektywne działanie przeciwdrobnoustrojowe:**

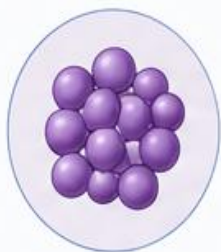
silnie redukuje *S. aureus* (patogen), a jednocześnie w mniejszym stopniu wpływa na komensalne gatunki *Staphylococcus*.

**NIE WYJĄŁWIA**  
– MODULUJE MIKROBIOTĘ SKÓRY

# UDZIAŁ *Staphylococcus aureus* W ZAPACHU SKÓRY

*S. aureus* nie jest typowym komensalem odpowiedzialnym za fizjologiczny zapach skóry, ale może uczestniczyć w jego nasileniu w określonych warunkach.

## 1. ROLA *S. AUREUS*

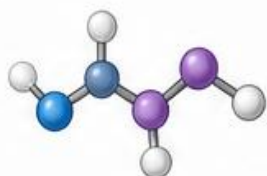


### *Staphylococcus aureus*

zazwyczaj nie jest głównym źródłem fizjologicznego zapachu skóry, ale może przyczynić się do jego powstawania w stanach dysbiozy lub zapalnych.

## 2. MECHANIZMY UDZIAŁU W POWSTAWANIU NIEPRZYJEMNEGO ZAPACHU

### 1. Metabolizm aminokwasów

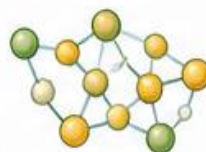


aminy biogenne  
(np. putrescyna, kadaweryna)



zapach gnilny / nieprzyjemny

### 2. Fermentacja metaboliczna

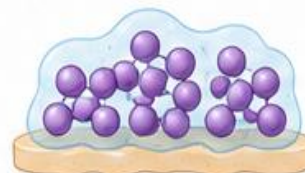


kwasy organiczne,  
związki siarkowe i inne metabolity



zapach kwaśny / ostry

### 3. Tworzenie biofilmu



zatrzymywanie metabolitów,  
zmiana mikrośrodowiska



nasilenie malodoru

## 3. TYPOWI „PRODUCENCI” FIZJOLOGICZNEGO ZAPACHU



*Corynebacterium spp.*



*Staphylococcus hominis*



*Staphylococcus epidermidis*



*Cutibacterium spp.*

Stale komensale skóry – metabolizują składniki potu i sebum, generując charakterystyczne VOC.

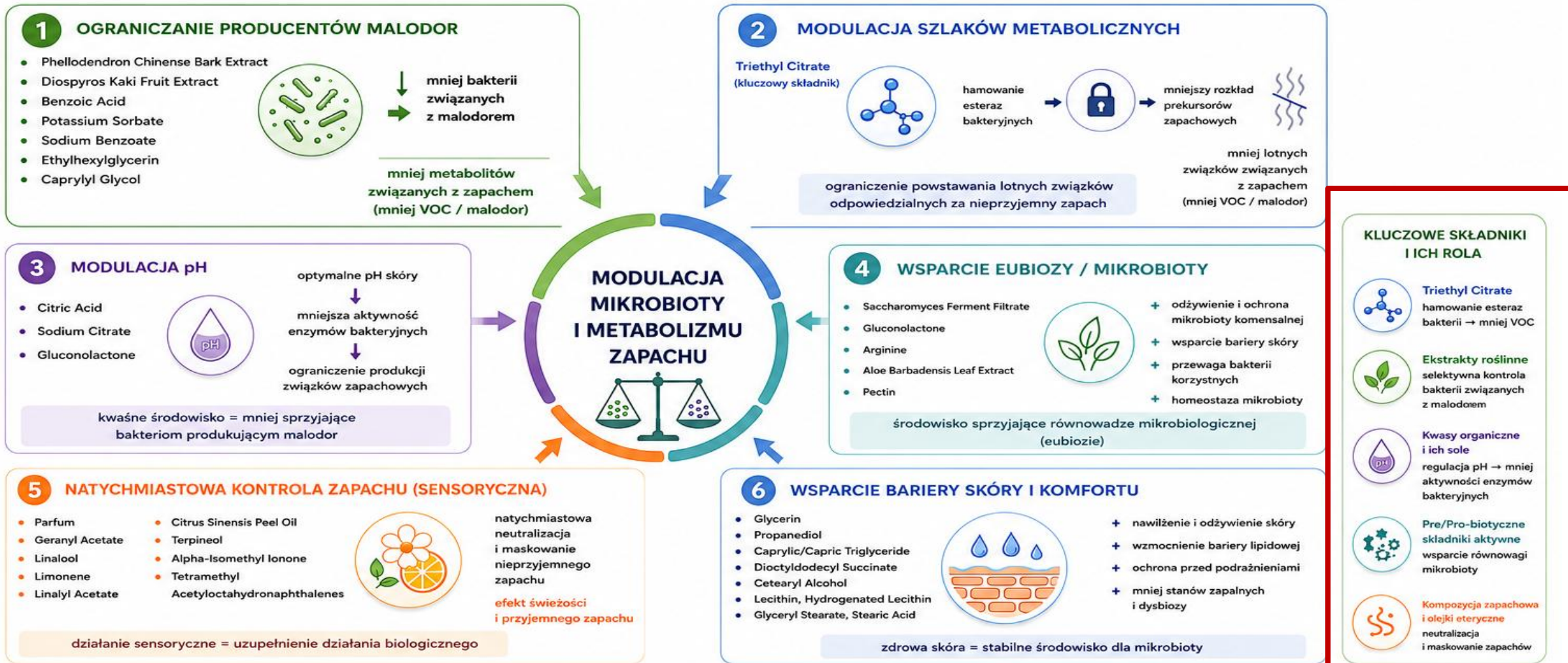


*Staphylococcus aureus* nie jest typowym producentem fizjologicznego zapachu skóry, ale może uczestniczyć w patologicznych postaciach malodoru związanych z dysbiozą, biofilmem i stanem zapalnym.



# JAK DZIAŁA NOWOCZESNE MLECZKO DEZODORUJĄCE?

WIELOMECHANISTYCZNE PODEJŚCIE: **NIE ZABIJAĆ – MODULOWAĆ**



TO NIE JEST KLASYCZNY DEZODORANT „KILL-ONLY”



#### MODULACJA MIKROBIOTY

ogranicza bakterie związane z malodorem, nie zaburzając równowagi



#### MODULACJA METABOLIZMU VOC

hamuje szlaki enzymatyczne i produkcję lotnych związków zapachowych



#### WSPARCIE EUBIOZY

sprzyja bakteriom korzystnym i homeostazie mikrobiologicznej skóry



#### OCHRONA I KOMFORT SKÓRY

wspiera barierę, nawilża i zmniejsza ryzyko dysbiozy i podrażnień



#### KONTROLA SENSORYCZNA ZAPACHU

natychnmiastowa świeżość dzięki kompozycji zapachowej i naturalnym olejkom



SKUTECZNOŚĆ, SELEKTYWNOŚĆ, KOMFORT I ŚWIEŻOŚĆ – BEZ NARUSZANIA RÓWNOWAGI MIKROBIOTY SKÓRY

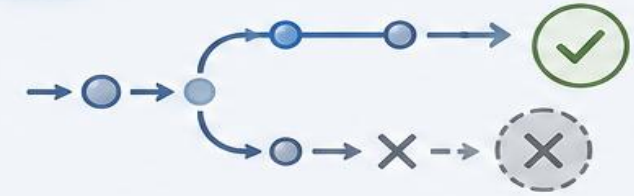
# MODULACJA MIKROBIOTY I METABOLIZMU



**OGRANICZAĆ**  
PRODUKENTÓW  
MALODOR



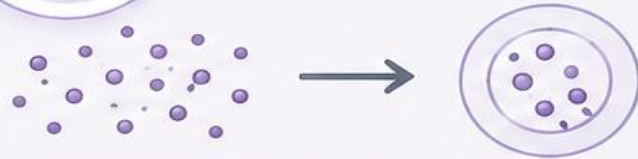
**MODUŁOWAĆ**  
SZLAKI  
METABOLICZNE



Wpływ na aktywność enzymatyczną i kierunki przemian metabolicznych bakterii.



**NEUTRALIZOWAĆ**  
VOC



Neutralizacja lotnych związków organicznych odpowiedzialnych za nieprzyjemny zapach.

**CEL:**  
nie eliminować mikrobioty,  
ale:



**WSPIERAĆ**  
EUBIOZĘ



Tworzenie korzystnych warunków dla mikroorganizmów komensalnych i zachowanie równowagi mikrobioty.

**MPR Labs Sp. z o.o.**  
**Ul. Kosynierów Gdyńskich 50**  
**Łódź 93-357**

**p.lisiecki@mpr-labs.com**

