

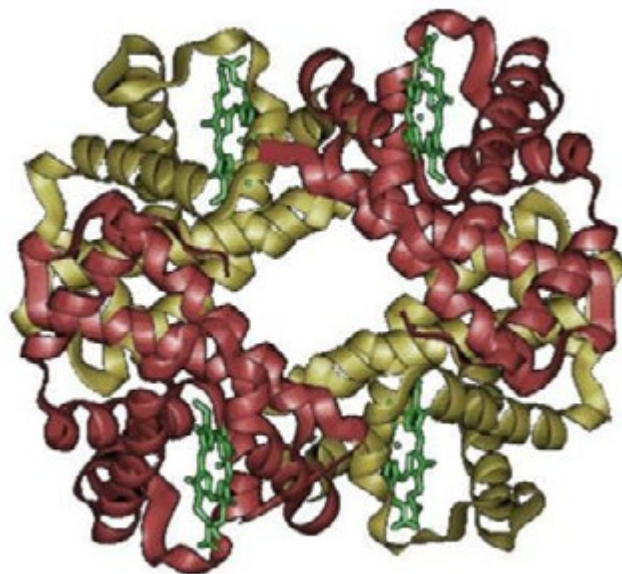
# Barwniki oddechowe u zwierząt

Rafał Simon  
Marta Wąsik

**P**rzenoszenie gazów oddechowych między powierzchnią oddechową a tkankami (z wyjątkiem tchawek u owadów) odbywa się za pośrednictwem krwi, która krąży w układzie krwionośnym, docierając do wszystkich miejsc organizmu. W 100 cm<sup>3</sup> krwi kręgowców, wypływającej z nabłonka oddechowego, znajduje się od 5 do 20 cm<sup>3</sup> tlenu, z czego tylko 0,3 cm<sup>3</sup> sześciennego rozpuszczone jest w osoczu. Oznacza to, że prawie cała ilość tlenu przenoszonego przez krew związana jest z **hemoglobina** (Hb), czerwonym barwnikiem oddechowym, białkiem globularnym o strukturze czwartorzędowej (Rys. 1), zawartym w krwinkach czerwonych – erytrocytach.

Cząsteczka hemoglobiny jest zbudowana z czterech łańcuchów polipeptydowych, z których każdy jest połączony z resztą jednego ugrupowania hemu – barwnika zawierającego jon Fe<sup>2+</sup>. W procesie utlenowania hemoglobiny jon ten nie zmienia stopnia utlenienia. Należy pamiętać, że utlenienie żelaza hemowego do stopnia III powoduje utratę zdolności wiązania tlenu cząsteczkowego przez hemoglobiną (powstaje Hb nieczynna, tzw. methemoglobina).

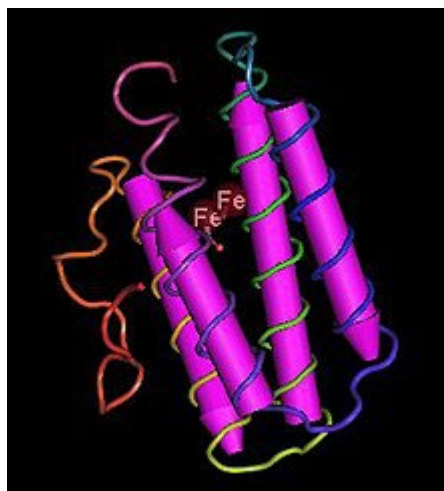
U bezkręgowców hemoglobina może być zarówno zamknięta w komórkach, jak i występować w postaci rozpuszczonej w osoczu. Bezkręgowce cechujące się szczególnie niskim tempem przemiany materii wykorzystują w pewnym stopniu tlen cząsteczkowy rozpuszczony we krwi lub hemolimfie, jednak większość z nich wykorzystuje tlen transportowany w znacznie bardziej wydajny sposób – za pośrednictwem różnych barwników oddechowych, do których należy nie tylko hemoglobina, ale także **hemoerytryna**, **hemocyjanina** i **chlorokruoryna**.



Rys. 1. Model wstęgowy cząsteczki hemoglobiny. Cztery zasocjowane podjednostki, z których każda zawiera cząsteczkę hemu (zaznaczoną na zielono). Lic. Wikimedia Commons.

Obecność barwników oddechowych jest charakterystyczna nie tylko dla zwierząt o większych wymaganiach metabolicznych, ale także dla tych, które bytują w środowiskach ubogich w tlen. Wspólną cechą barwników oddechowych jest obecność jonów metali związanych z białkiem o różnych wielkościach cząsteczek. Ich zabarwienie zależy w głównej mierze od stopnia wysycenia barwnika tlenem.

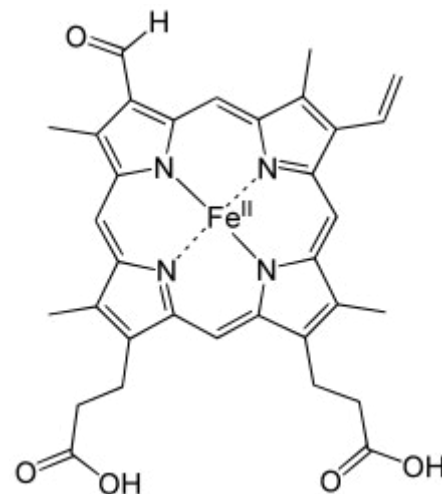
**Hemoerytryna** (Rys. 2), podobnie jak hemoglobina, zawiera w cząsteczce jony żelaza (Fe<sup>2+</sup>), ale są one połączone z częścią białkową bezpośrednio, bez udziału grupy hemowej. Barwnik ten występuje wyłącznie jako zamknięty



Rys. 2. Struktura pojedynczego peptydu tworzącego hemoerytrynę. Lic. Wikimedia Commons.



Rys. 3. Model hemocyjaniny ośmiornicy. Lic. Wikimedia Commons.



Rys. 4. Grupa hemowa chlorokruoryny. Lic. Wikimedia Commons.

Tabela 1. Charakterystyka podstawowych barwników oddechowych i ich występowanie.

Barwnik	Charakter chemiczny	Masa cząsteczki w kDa	Lokalizacja we krwi	Występowanie
Hemoglobina	Białko połączone z żelazem ( $Fe^{2+}$ ) w układzie porfiryńowym	17-3000	Zawsze zamknięta w komórkach	Kręgowce (oprócz larw węgorza i ryb arktycznych), niektóre szkarłupnie, mięczaki, stawonogi, pierścienice, nicienie, płazińce, pierwotniaki, rośliny
Hemoerytryna	Białko połączone z żelazem w układzie nieporfiryńowym	108	Zawsze zamknięta w komórkach	Sikwiaki, wieloszczety i ramienionogi
Hemocyanina	Białko zawierające miedź (Cu)	300-9000	Rozpuszczona w płynach ustrojowych	Niektóre mięczaki, stawonogi, szczękoczułkowce
Chlorokruoryna	Białko połączone z żelazem ( $Fe^{2+}$ ) w układzie nieporfiryńowym	2750	Rozpuszczona w płynach ustrojowych	Wieloszczety, rozgwiazdy

w komórkach krwi i po związaniu z tlenem cząsteczkowym uzyskuje zabarwienie różowofioletowe.

**Hemocyanina** (Rys. 3) występuje u mięczaków i niektórych stawonogów oraz szczękoczułkowców. Cząsteczki hemocyaniny nie zawierają grupy porfiryńowej, zawierają natomiast jony miedzi, skompleksowane resztami histydyny jako ligandami. Jony miedzi w takim otoczeniu są źródłem intensywnej niebieskiej barwy utlenowanej postaci hemocyaniny (oksycyaniny), podczas gdy postać odtleniona jest bezbarwna.

**Chlorokruoryna** (Rys. 4), występująca jedynie w czterech rodzinach wieloszczetów, jest wielką cząsteczkowym białkiem hemowym, występującej wyłącznie na zewnątrz komórek. Może być uważana za odmianę hemoglobiny, w której w której jedna z grup winylowych ( $-HC=CH_2$ ) została zastąpiona grupą aldehydową ( $-CHO$ ). Ta modyfikacja struktury powoduje zielonkavo-czerwone zabarwienie chlorokruoryny w połączeniu z tlenem.

W Tabeli 1 podane jest zestawienie charakterystyk omówionych wyżej barwników oddechowych.

Mgr Rafał Simon

nauczyciel biologii, chemii i przyrody

Zespół Szkół S.R. K.A. K. Chorzów, SP 11 Gliwice, „Niebieski Zakątek” Chorzów

Dr Marta Wąsik

Uniwersytet Opolski, Instytut Nauk Medycznych

Zakład Biochemii Klinicznej i Diagnostyki Laboratoryjnej

### Literatura:

- [1] H. Wiśniewski (red.) „Podręcznik do biologii dla klasy 3. LO”. Agmen, W-wa 1998
- [2] L. Stryer, J. M. Berg, J. L. Tymoczko, G. J. Gatto: „Biochemia”, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2018
- [3] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Hemoglobina>
- [4] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Hemoerytryna>
- [5] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Hemocyanina>
- [6] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Chlorokruoryna>

## Części metalowe z drukarki?

**Metoda druku 3D – ekstruzja materiałów (MEX) - może służyć do produkcji metalowych komponentów ze stali. Czy będzie to tańsze, alternatywne rozwiązanie dla zaawansowanych metod laserowych stosowanych w przemyśle, sprawdzają naukowcy z Wojskowej Akademii Technicznej.**

Pierwsze badania pokazują, że technologia MEX ma duży potencjał w druku metali. Metoda ta wiąże się również z ideą tzw. cyfrowego magazynu części. Produkcja addytywna pozwala na drukowanie komponentów na żądanie, nie trzeba zatem magazynować części zamiennych. Jest to szczególnie interesujące dla przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego czy obronnego, gdzie możliwość natychmiastowej produkcji elementów na miejscu przynosi zarówno oszczędności, jak i usprawnia procesy logistyczne.

Właściwości stali 17-4 PH wytwarzanej przyrostową metodą ekstruzji materiałów MEX (ang. *Material Extrusion*) bada Katarzyna Jasik, doktorantka z Wydziału Inżynierii Mechanicznej WAT. Jak wyjaśnia ba-

daczka w popularnonaukowym cyklu na stronie uczelni (<https://www.wojsko-polskie.pl/wat/articles/najlepsze-publicacje-4/np-nowa-stal-i-technologie-mex-przyszlosc-druku-3d-metali/>) badania są uzasadnione znacznie niższym kosztem metody MEX w porównaniu z innymi technikami druku 3D metali, takimi jak techniki łączenia proszku metalowego za pomocą lasera. Drukarka pracująca w technologii MEX kosztuje około 4,5 tys. złotych. To znacznie mniej niż koszt drukarek laserowych, których cena może przekraczać nawet milion złotych.

Technika MEX jest jedną z najpowszechniej stosowanych metod druku 3D, szczególnie w druku polimerów. Obecnie naukowcy na świecie sprawdzają jej przydatność do druku nowych materiałów, takich jak ceramika lub metal. W druku metodą MEX stosuje się termoplastyczny drut nawinięty na szpulę potocznie nazywany filamentem. W druku metalu materiałem wejściowym jest kompozyt polimerowo-metalowy, dopiero po dodatkowej obróbce wydrukowanych części (debindowaniu i spiekaniu) uzyskuje się końcowy produkt o strukturze czystego metalu. PAP – Nauka w Polsce