



## Claudia Girth-Diamba i współpracownicy\*

CG, Solroed Gymnasium, Solroed Center 2, DK 2680 Solroed Strand

E: claudia.girth@newmail.dk

# Surowe i gotowane

## Jak zmiany struktury białek powodują zmianę koloru mięsa podczas gotowania?

### Cel

Celem doświadczenia jest obserwacja zmian barwy mięsa w zależności od temperatury. Zmiany barwy mięsa są bardzo istotne przy jego przyrządzeniu. Powoduje je denaturacja mioglobiny – białka nadającego mięsiom charakterystyczny, czerwony kolor. Denaturacja jest procesem, w którym, na skutek działania wysokiej temperatury lub substancji chemicznych, niszczone jest struktura białek. Denaturacja zmienia takie właściwości białek, jak rozpuszczalność, aktywność enzymatyczna itp.

### Wstęp

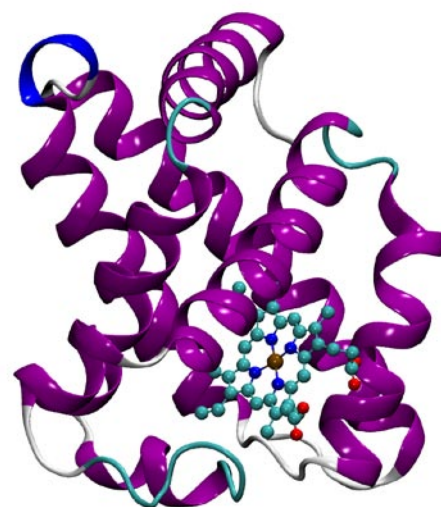
Mięso różnych gatunków zwierząt różni się barwą. Wołowina jest bardziej czerwona niż wieprzowina, mięso z indyka jest mniej czerwone niż wieprzowina. Zmienność koloru jest spowodowana różną zawartością mioglobiny w mięśniach.

Mioglobina jest niewielkim, czerwonym białkiem wiążącym tlen. Jej funkcją jest przechowywanie i przenoszenie tlenu z czerwonych krwinek do mitochondriów w komórkach mięśniowych. Mioglobina jest podobna do hemoglobiny – białka wiążącego tlen, występującego w czerwonych krwinkach. Hemoglobina przenosi naczyniami krwionośnymi tlen z płuc do różnych organów, w tym mięśni.

*Model mioglobiny, widoczna domena hemowa wiążąca tlen. W centrum struktury znajduje się atom żelaza związany z czterema atomami azotu (niebieski), otoczony przez grupę hemową. Mioglobina jest pierwszym białkiem, którego trójwymiarowa struktura została określona. Dokonał tego John Kendrew ze współpracownikami w Cambridge, w roku 1960. [Dane z Protein Data Bank, Protein ID: 1MBO]*

---

\* Karen Lunden, Hanne Thomsen, Liselotte Unger, Lykke Thostrup, Michael Bom Frost, Lone Brinkmann Sørensen i Marie Kielsgaard.



Ilość mioglobiny w mięśniach jest różna u różnych gatunków. Mięśnie ssaków morskich zawierają dużo mioglobiny, co powoduje, że ich mięso jest bardzo ciemne. Wysoka zawartość mioglobiny jest przystosowaniem do trybu życia tych zwierząt. Mioglobina w mięśniach ssaków morskich magazynuje dużą ilość tlenu. Dzięki zapasowi tlenu, zwierzęta te mogą przebywać pod wodą bardzo długo, co pozwala na głębokie nurkowanie.

Prawie wszystkie białka występujące w mięsie ulegają denaturacji podczas ogrzewania powodując zmianę koloru. Mioglobina ulega denaturacji w temperaturze około 60 °C, co widać podczas przygotowywania steków wołowych. Jeśli termometr wbity w mięso pokazuje temperaturę 58 °C, mięso będzie czerwone, jeśli termometr pokaże 68 °C - mięso będzie szare. Stąd też steki przyrządzane przez szefów kuchni, w zależności od temperatury smażenia, nazywane są krwistymi, średnimi lub wysmażonymi.

*Czerwony kolor mięsa przyrządzanego w temperaturze poniżej 58°C pochodzi od mioglobiny. Zdenaturowana mioglobina na powierzchni mięsa jest brązowa.*



Mięśnie kręgowców są zbudowane z dwóch typów włókien – białych i czerwonych. Włókna czerwone potrzebują dużo tlenu do pracy i dlatego zawierają dużo mioglobiny. Włókna te pracują najefektywniej podczas długotrwałego wysiłku np. podczas biegania na długie dystanse.

Włókna białe, w przeciwieństwie do czerwonych, pracują przy niewielkiej dostępności tlenu i zawierają bardzo mało mioglobiny. Do uzyskania energii wykorzystują głównie proces glikolizy, w którym glukoza przekształcana jest w kwas mlekowy. Białe włókna mięśniowe są przydatne tylko podczas krótkiego wysiłku (kilku minut). Podczas pracy, włókna te szybko zużywają zgromadzony w nich zapas glukozy. Powstający kwas mlekowy jest transportowany z krwią do wątroby, gdzie jest następnie metabolizowany.

Stosunek zawartości włókien białych i czerwonych w mięśniach kręgowców jest zróżnicowany i w pewnym stopniu może być zmieniany przez ćwiczenia. Dla przykładu, piersi z kurczaka charakteryzują się niewielką zawartością włókien czerwonych (są białe), gdyż kury nie potrafią latać. Mięśnie nóg kur zawierają więcej włókien czerwonych (są ciemniejsze), gdyż kury poruszają się na nogach. Nie dotyczy to kur trzymany w małych pomieszczeniach (kury te nie mogą biegać). Prawdopodobnie z tego wynikają różnice w smaku kurczaków hodowanych tradycyjnie i tych trzymany w małych ciasnych klatkach (chów przemysłowy).

Mięso kurczaków jest często polecane przez dietetyków jako zdrowsza alternatywa dla wołowiny i wieprzowiny ze względu na mniejszą zawartość tłuszczu. Okazało się jednak, że szczególnie kobiety postępujące według tych zaleceń cierpią często na niedobór żelaza. Jest to spowodowane brakiem czerwonego mięsa w diecie. Kobiety tracą dużo krwi (zawierającej żelazo) każdego miesiąca podczas menstruacji. Żelazo związane w grupie hemowej mioglobiny z czerwonego mięsa jest znacznie łatwiej przyswajane przez człowieka, niż żelazo występujące w warzywach (niezwiązane w grupie hemowej). Co więcej, niektóre warzywa zawierają metabolity utrudniające przyswajanie występującego w nich żelaza.

## Sprzęt i materiały

Potrzebne dla każdej osoby lub grupy

### Sprzęt:

- Małe zlewki (np. 100 ml) odporne na temperaturę – 6 szt.
- Łyżki lub szpatułki – 6 szt.
- Probówki – 6 szt.
- Statyw na probówki
- Mały lejek
- Rękawice kuchenne (chroniące przed oparzeniem)
- Pisak wodoodporny
- Termometr
- Łaźnia wodna ustawiona na 90–100 °C  
(może być garnek z wrzącą wodą)

### Materiały:

- Bibuła filtracyjna – 6 krążków
- Świeżo zmielona wołowina ~60 g
- Woda destylowana lub dejonizowana – 150 ml
- Łaźnia lodowa – naczynie wypełnione wodą z lodem
- Woda, mydło i ręczniki – do umycia rąk

## Procedura

- 1 Umyj ręce przed dotykaniem mięsa. Jeśli masz skaleczenia na rękach, załóż rękawiczki jednorazowe.
- 2 Umieść 10 g mięsa w każdej z sześciu zlewek.
- 3 Dodaj do każdej zlewki 25 ml wody destylowanej.
- 4 Umieść zlewki w łaźni wodnej nastawionej na 90–100 °C.
- 5 Ogrzewaj próbki mieszając zawartość łyżką lub szpatułką dopóki nie osiągną odpowiedniej temperatury: 50 °C, 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C lub 80 °C. Regularnie sprawdzaj temperaturę próbek przy pomocy termometru.
- 6 Kiedy próbka osiągnie odpowiednią temperaturę, wyjmij ją z łaźni wodnej i natychmiast schłodź w łaźni lodowej. Uważaj, żeby próbki nie przewróciły się w łaźni.
- 7 Po ochłodzeniu próbek przefiltruj każdą z nich przez bibułę filtracyjną – filtrowany roztwór zbieraj do probówek.
- 8 Oceń barwę roztworu w probówkach (np. czerwony, jasnobrązowy, ciemnobrązowy, szarobrązowy) i zapisz wyniki w tabeli.
- 9 Po zakończeniu doświadczenia dokładnie umyj ręce.

## Bezpieczeństwo



Surowe mięso może zawierać chorobotwórcze bakterie z rodzajów *Salmonella* lub *Campylobacter*. Umyj dokładnie ręce i narzędzia, które miały kontakt z mięsem. Jeśli masz uszkodzoną skórę na rękach (skaleczenia, zadrapania itp.) - pracuj w jednorazowych rękawiczkach.

## Wskazówki dla nauczyciela

Doświadczenie jest dosyć proste i nie wymaga od uczniów wprawy w pracy laboratoryjnej, czy wiedzy chemicznej. Warto, aby uczniowie mieli wiedzę na temat struktury, funkcji oraz denaturacji białek. Doświadczenie daje okazję do dyskusji na temat denaturacji białek i jej znaczenia w przygotowywaniu mięsa. Dodatkowo można zachęcić uczniów do dyskusji na temat transportu tlenu, funkcji mięśni oraz znaczenia żelaza w żywieniu człowieka.

Prezentowane doświadczenie pozwala również na dyskusję o higienie żywności i roli układu odpornościowego.

## Przygotowania i czas doświadczenia

Doświadczenie zajmuje 45 minut. Przydzielenie każdej grupie uczniów jednego wariantu doświadczenia (temperatury próbki) znacząco poprawia organizację pracy. Kiedy doświadczenie jest przygotowane, można je przeprowadzić bardzo szybko.

## Spodziewane wyniki

Kolor ekstraktu mięsnego w różnych temperaturach: 50°C – różowy; 60°C – wiśniowy; 65°C – wiśniowy; 70°C – ciemniejszy, czerwony; 75°C – ciemno czerwony, brązowawy; 80°C – brązowy.

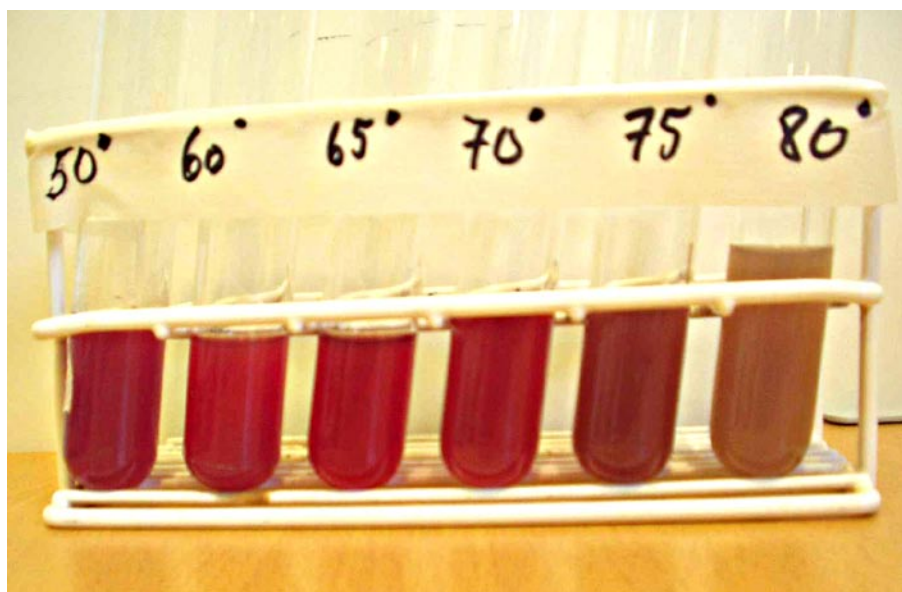


PHOTO: KAREN LUNDEN

## Pomysły na dodatkowe doświadczenia

Doświadczenie może być przeprowadzone na innym rodzaju mięsa np. wieprzowina lub mięso z indyka, jednak zmiana koloru może być mniej widoczna ze względu na mniejszą zawartość mioglobiny niż, w wołowinie.

Można także spróbować przeprowadzić doświadczenie na świeżym mięsie łososa i tuńczyka. Mięśniom tuńczyka kolor nadaje mioglobina. Barwa mięśni łososa pochodzi natomiast od innej substancji – astaksantyny. Astaksantyna jest niebiałkowym barwnikiem występującym u skorupiaków będących naturalnym pokarmem łososi. Astaksantyna jest niewrażliwa na temperatury stosowane w doświadczeniu, przez co nie zmienia koloru. Hodowlany łosoś może zawierać astaksantynę wytwarzaną przez szczep grzybów podobnych do drożdży, który jest dodawany do ich pokarmu oraz inne barwniki.

## Wskazówki

Należy pamiętać o natychmiastowym schłodzeniu zlewek z próbkami mięsa po osiągnięciu odpowiedniej temperatury.

Podczas doświadczenia należy dokładnie mieszać zawartość zlewek tak, aby zapewnić równomierny rozkład temperatury w próbce.

## Utylizacja odpadów

Zapakuj mięso do plastikowej torby, dokładnie zawiąż torbę i wyrzuć do kosza na śmieci.

## Inne źródła informacji

Literatura uzupełniająca po angielsku: [www.kvl.dk/forskning/oevelseshaefte.aspx](http://www.kvl.dk/forskning/oevelseshaefte.aspx)

Dodatkowe informacje można znaleźć w rozdziale trzecim Encyklopedii Nauki Kuchennej – McGee on food and cooking: An encyclopedia of kitchen science, history and culture by Harold McGee (2004) Hodder and Stoughton Ltd, London. XISBN: 0 340 83149 9.

Burros, M. (2003) The SalmoFan: Issues of purity and pollution leave farmed salmon looking less rosy New York Times, 28 May

Artykuł dostępny pod adresem: <http://www.edwardtufte.com/files/salmofan.html>

Dodatkowa dyskusja i zdjęcia SalmoFan są dostępne pod adresem:

[http://www.edwardtufte.com/bboard/q-and-a-fetch-msg?msg\\_id=0000XT&topic\\_id=1&topic=Ask+E%2eT%2e](http://www.edwardtufte.com/bboard/q-and-a-fetch-msg?msg_id=0000XT&topic_id=1&topic=Ask+E%2eT%2e)

Godsell, D. (2000) Protein Data Bank Molecule of the month, January: Myoglobin. [http://www.rcsb.org/pdbstatic/education\\_discussion/molecule\\_of\\_the\\_month/download/Myoglobin.pdf](http://www.rcsb.org/pdbstatic/education_discussion/molecule_of_the_month/download/Myoglobin.pdf)

## Podziękowania

Przepis został opracowany w oparciu o Duński protokół „Hvorfor bliver frugten brun og kødet gråt?” przygotowany dzięki współpracy Duńskiego Stowarzyszenia Biologów (FaDB), Stowarzyszenia Nauczycieli Chemii oraz Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu w Kopenhadze. Autorzy składają podziękowania Uniwersytetowi w Kopenhadze za pozwolenie na przystosowanie tego protokołu do potrzeb projektu Volvox. Chcemy również podziękować naszym angielskim współpracownikom za pomoc w przekładzie tekstu z duńskiego na angielski.

Przygotowanie kursu dla nauczycieli, na którym używano tych materiałów było finansowane przez Duńskie Ministerstwo Edukacji (GYM23 Reformprojekt 2004 – projekt numer 107224), jako część reformy szkolnictwa średniego w Danii.

Struktura mioglobiny została zobrazowana na podstawie danych dostępnych w bazie Protein Data Bank: [www.rcsb.org/pdb](http://www.rcsb.org/pdb). Dane te pochodzą z publikacji: Phillips, S.E. (1980) Structure and refinement of oxymyoglobin at 1.6 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* **142** 531–554.

Tłumaczenie na język polski oraz adaptację protokołu wykonał Maciej Kotliński.

Prezentowany protokół został przygotowany w ramach projektu Volvox finansowanego z Szóstego Programu Ramowego Komisji Europejskiej.

