

# ŚRÓDMIĘŚNIOWY KOLAGEN A KRUCHOŚĆ MIĘSA

Magdalena Górka (Kraków)

Kolagen stanowi 20–30% wszystkich białek w organizmie ssaków i ptaków. Jest on głównym składnikiem śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT), w której zidentyfikowano 7 jego typów (I, III, IV, V, VI, XII, XIV). Pomimo że w tkance mięśniowej znajduje się niewielka ilość kolagenu, wywiera on istotny wpływ na jakość mięsa, w tym szczególnie na pożądaną cechę dla konsumentów, jaką jest kruchość.

Jakość mięsa stanowi ogół cech i właściwości danego produktu, które decydują o akceptacji konsumenta, postrzegającego je przez pryzmat wyglądu, smaku i konsystencji. Z punktu widzenia przydatności technologicznej i spożywczej mięsa bardzo istotnym elementem jego jakości jest kruchość. Wyraża się ona poprzez subiektywne odczucie twardości i sprężystości mięsa, oceniane na podstawie trzech wrażeń jednostkowych, do których można zaliczyć: łatwość w początkowym okresie nagryzania, lekkość rozdrabniania mięsa, charakter kęsa po przeżuciu.

## Budowa kolagenu

Kolagen odgrywa znaczącą funkcję w mięśniach ssaków i ptaków, zapewniając strukturalną wytrzymałość mechaniczną. Jego podstawową jednostką strukturalną jest tropokolagen, typowe białko włókniste o podłużnym kształcie, składające się z trzech równoległych łańcuchów peptydowych, które skręcają się wokół własnej osi tworząc helisę (Ryc. 1). Największy udział tropokolagenu stanowi glicyna (34%), następnie prolina (12%) i hydroksyprolina (10%), przy równoczesnym braku tryptofanu oraz nieznacznej ilości aminokwasów siarkowych i aromatycznych. Stąd też z punktu widzenia wartości odżywczej kolagen jest uznawany za białko niepełnowartościowe.

## Lokalizacja kolagenu w mięśniach

Mięśnie szkieletowe (Ryc. 1) są otoczone przez grubą, wytrzymałą na rozciąganie i rozpuszczanie tkanką łączną zewnętrzną noszącą nazwę namięśnej (*epimysium*), która stanowi główny magazyn kolagenu typu I i III. Warstwa otaczająca poszczególne pęczki mięśniowe, zawierająca komórki tłuszczowe i naczynia krwionośne, jest nazywana omięsną (*perimysium*). Małe pęczki mięśniowe ograniczone

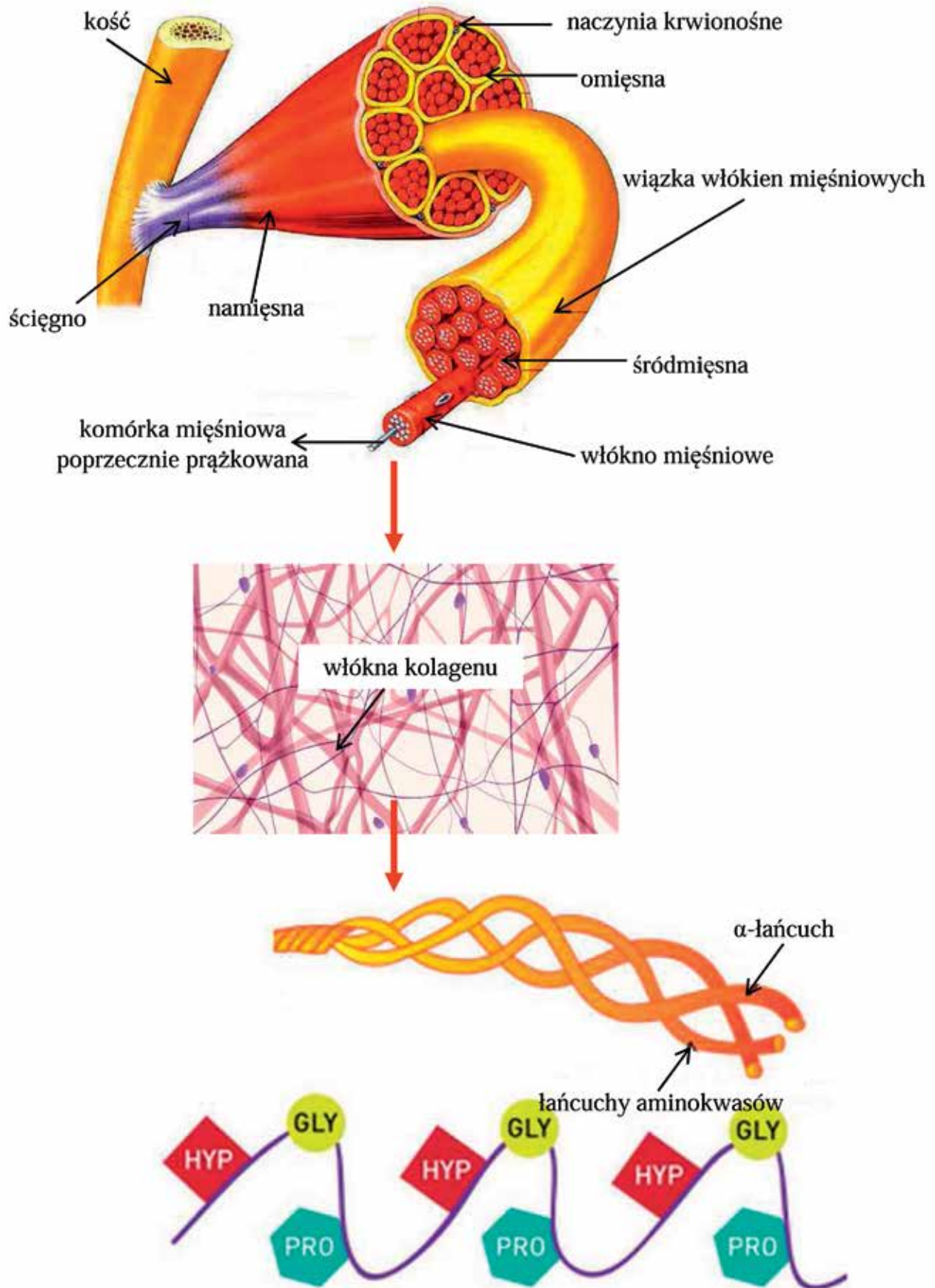
przez omięsną wewnętrzną pierwotną są skupione w większe pęczki otoczone przez grubszą omięsną wewnętrzną wtórną. *Perimysium* tworzy sieć włókien kolagenu i elastyny osadzonych w macierzy proteoglikanów (PGs), jednych z trzech głównych klas wchodzących w skład śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT). Omięśna jest zbudowana z kolagenów typu I, III, V i stanowi około 90% IMCT, przez co odgrywa szczególną rolę w kruchości mięsa. Grubość warstwy *perimysium* zależy głównie od rodzaju mięśni oraz gatunku i wieku zwierząt. Z kolei pojedyncze włókna mięśniowe są otoczone przez jeszcze cieńszą warstwę tkanki łącznej zwaną śródmięsną (*endomysium*), którą budują kolageny typu I, III, IV i V.

Typ I stanowi 70–80% całkowitego kolagenu w mięśniach szkieletowych, natomiast 10–20% to kolagen typu III. W śródmięśnej ssaków znajduje się niewiele kolagenu typu V, natomiast w mięśniach ryb stwierdzono znacznie większą jego ilość. I tak w śródmięśniowej tkance łącznej (IMCT) karpia dominuje głównie kolagen typu I i V, natomiast nie stwierdzono obecności kolagenu typu III.

Morfologia, skład i ilość śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT) zależy w dużej mierze od typu mięśnia, gatunku, rasy oraz wieku zwierząt. Wymienione czynniki mogą wpływać na ilość kolagenu w odmiennych rodzajach mięśni jednego gatunku zwierząt. Dotychczasowe dane w literaturze naukowej wskazują na duże zróżnicowanie zawartości kolagenu ogólnego w mięśniach różnych gatunków ptaków, ssaków czy ryb (Tab. 1). Dysproporcje te mogą wynikać z niedoszacowania lub przeszacowania ilości aminokwasu – hydroksyproliny. Co więcej, przy przeliczeniu hydroksyproliny na zawartość kolagenu jest używany różny mnożnik.

## Kolagen a kruchość mięsa

Kruchość mięsa jest uzależniona od zawartości tłuszczu (IMF), ilości, składu oraz struktury śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT), a także od stopnia pośmiertnej degradacji białek miofibryli i cytoszkieletowych włókien mięśniowych. Podczas endogennej proteolizy białek mięśniowych w okresie dojrzewania mięsa wzrasta kruchość, a tym samym zmniejsza się jego twardość.



Ryc. 1. Schemat budowy cząsteczki kolagenu w mięśni szkieletowym (GLY - glicyna, PRO - prolina, HYP - hydroksyprolina).

Zawartość kolagenu zależy od **gatunku zwierząt**. Im metabolizm włókien mięśniowych jest szybszy za życia, tym zmiany w białkach odpowiedzialnych za kruszenie tkanki mięśniowej zachodzą gwałtowniej po śmierci zwierząt. I tak, w mięsie drobiowym, zawierającym włókna białe (szybkokurczliwe) łatwiej postępują procesy kruszenia, niż we włóknach czerwonych (wolnokurczliwe) mięsa wieprzowego i wołowego. W związku z tym najszybszy metabolizm mięśni, a tym samym polepszenie kruchości mięsa, stwierdza się u drobiu (0,5–1 dnia), potem u świń (3–5 dni), a najwolniejsza przemiana materii mięśni i dojrzewanie mięsa obserwuje się u bydła (7–14 dni). Przyczyną tych różnic stanowi budowa strukturalna włókien mięśniowych, w tym podatność na proteolizę zwaną degradacją białek. Objawem tego procesu w okresie pośmiertnym zwierząt jest wzrost rozpuszczalności kolagenu, zmiany właściwości mechanicznych omięsnej oraz modyfikacje w zawartości proteoglikanów. Zmiany strukturalne tkanki łącznej zachodzą głównie w wyniku aktywności endogennych enzymów proteolitycznych mięsa z rodziny kalpain.

Istotną rolę w kształtowaniu kruchości mięsa może mieć również **rasa i płeć zwierząt**. Rasy dojrzewające wcześniej mają tendencję do odkładania większej ilości kolagenu, w tym dużej części kolagenu nierozpuszczalnego, niż rasy późno dojrzewające, stąd ich mięso cechuje się mało kruchością. W przypadku płci zwierząt mniejszą zawartością kolagenu, a tym samym większą kruchością i delikatnością, odznacza się mięso pochodzące od osobników żeńskich, w porównaniu z osobnikami męskimi.

Na różne zawartości tego białka wpływa przypuszczalnie także **stopień usieciowania kolagenu** oraz zmiany zachodzące w nim w trakcie przechowywania mięsa. Dotyczy to przede wszystkim różnego rodzaju połączeń wewnątrz- i międzycząsteczkowych, w pierwszej kolejności sieciujących tropokolagen, a w drugiej pojedyncze włókienka kolagenowe. Silnie usieciowany kolagen o stabilnych wiązaniach jest przyczyną nadmiernego kurczenia się mięsa, nawet do 75%. Z kolei słabe połączenia występujące w mięsie pochodzącym od młodych zwierząt szybko ulegają rozpadowi, dlatego mięso staje się kruche i nie traci dużo wody. Na stopień usieciowania kolagenu duży znaczenie może mieć także **wiek zwierząt**. Wraz z upływem lat zwiększa się usieciowanie tego białka, gdyż z czasem powstaje struktura coraz bardziej oporna na działanie czynników endo- i egzogennych.

Zawartość tkanki łącznej w mięsie może być również związana z **systemem żywienia**. Przykładowo spożywanie mieszanek, szczególnie krótko przed śmiercią, prawdopodobnie przyspiesza wzrost

zwierzęcia, prowadząc do pojawienia się mniej usieciowanego kolagenu, choć o większej rozpuszczalności, a tym samym znacznego polepszenia końcowej kruchości mięsa.

Dodatkowo na zawartość kolagenu w mięsie oraz jego kruchość może mieć wpływ **kastracja** zwierząt. Większą zawartość kolagenu w mięśniach cechują się przeważnie samce niewykastrowane, w porównaniu z osobnikami poddanymi zabiegowi kastracji. Na zawartość tego białka w mięśniach niewątpliwie wywiera działanie testosteron, którego poziom znacząco spada po dokonaniu kastracji, modyfikując metabolizm zwierząt i zmniejszając rozpuszczalność kolagenu.

Tab. 1. Zawartość kolagenu ogólnego w mięśniach różnych gatunków zwierząt.

Gatunek	Zawartość kolagenu ogólnego (%)
bydło	1,0-15,0
owca	0,26-0,52
koza	0,27-0,45
sarna	0,36
daniel	0,26-0,31
jeleń	1,5-2,0
świnia	0,26-0,71
kurczę brojler	0,60-1,15
indyk	0,14
struś	0,14-1,90
przepiórka	0,17-0,19
gęś	0,39-0,73
królik	0,68-5,59
ryba	0,34-2,19

Wpływ kolagenu na ostateczną kruchość mięsa jest możliwie związany z **długością sarkomerów**. Włókna mięśniowe o sarkomerach powyżej 2 µm długości charakteryzują się większą kruchością. Przykładem mogą być mięśnie lędźwiowe większe u bydła, które przy maksymalnej długości sarkomerów (około 3,42 µm) cechowały się największą kruchością. Ponadto mięśnie te zawierały najmniej kolagenu całkowitego i nierozpuszczalnego. Na podstawie dotychczasowej wiedzy w temperaturze około 54°C rozpoczyna się proces kształtowania kruchości mięsa związany ze zmianami w strukturze tkanki, tj. skrócenie sarkomeru.

W związku z tym stosowanie różnych zabiegów technologicznych może poprawić kruchość mięsa. Dla przykładu metodą poprawy kruchości poprzez zmianę długości sarkomerów jest intensywne rozciąganie skrzydeł po śmierci drobiu.

### Podsumowanie

Kolagen jako główny składnik śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT) może istotnie wpływać na końcową jakość mięsa. W czasie proteolizy białek mięśniowych w okresie dojrzewania mięsa wzrasta kruchość, a tym samym zmniejsza się jego twardość. Duża ilość kolagenu w tkance mięśniowej ptaków i ssaków przyczynia się do obniżenia kruchości i wartości odżywczej mięsa, a także zapewnia

odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Zawartość tego białka w poszczególnych mięśniach różnych gatunków zwierząt może być znacznie zróżnicowana. I tak największa ilość kolagenu występuje z reguły w mięsie wołowym oraz w mięśniach zwierząt o wysokiej aktywności życiowej. Wraz z upływem wieku zwierząt zwiększa się usieciowanie omawianego białka w mięśniach, powodując zmniejszenie kruchości mięsa. Co więcej, większą kruchością odznacza się zazwyczaj mięso pochodzące od osobników żeńskich, w porównaniu z osobnikami męskimi. Mniejszą zawartość kolagenu ogólnego stwierdzono głównie w mięsie zwierząt późno dojrzewających i poddanych zabiegowi kastracji, czego skutkiem jest spadek rozpuszczalności kolagenu, a tym samym poziomu kruchości mięsa.

mgr inż. Magdalena Górka – doktorantka na Wydziale Hodowli i Biologii Zwierząt w Instytucie Nauk Weterynaryjnych Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. E-mail: m.gorska@ur.krakow.pl

## HISTORIA REKONSTRUKCJI WIZERUNKÓW DINOZAUROW

*Szymon Górnicki (Kalisz)*

Dinozaury to zwierzęta, które zdominowały nie tylko erę mezozoiczną, ale również paleosztukę, czyli wszelkie rekonstrukcje paleontologiczne i paleośrodowiskowe, zawierające interpretacje wyglądu wymarłych organizmów, wykonane według aktualnej wiedzy. Paleosztuka jest bezpośrednio powiązana z paleontologią, wynikając z potrzeby rekonstrukcji wymarłego organizmu, ponieważ zawsze, kiedy ludzie znajdowali skamieniałości dinozaurów, odtwarzali później ich żywe wizerunki.

### Wiek smoków

Pojęcie „dinozaur” powstało w roku 1842, jednak ludzie znajdowali kości tych zwierząt wiele wieków wcześniej. Już 600 lat przed naszą erą kupcy z Azji środkowej opowiadali starożytnym grekom opowieści o gryfach. Gryfy prawdopodobnie powstały w wyniku odkryć szczątków protoceratopsów. Dinozaury te pasują do opisu gryfów, a ich skamieniałości są pospolite na terenie pustyni Gobi. Pierwsze pisemne zapiski o kościach uznawanych za szczątki „smoków” znane są z Chin i pochodzą z około 300 roku naszej ery. Wierzono wtedy, że te ogromne kości

mają lecznicze właściwości. Można zatem stwierdzić, że pierwsze wizualizacje, jakie powstały w wyniku odkryć szczątków dinozaurów, to smoki, mityczne potwory i olbrzymy.

### Wielkie jaszczury

Pierwsze rzeźby dinozaurów wykonał Benjamin Waterhouse Hawkins według instrukcji Richarda Owena. Olbrzymie rekonstrukcje wystawiono w 1854 roku na terenie Crystal Palace Park w Londynie, gdzie stoją do dziś (Ryc. 1). Odtworzono trzy ówczesnie znane rodzaje dinozaurów: *Megalosaurus*, *Iguanodon* i *Hylaeosaurus*. Prace Hawkinsa spopularyzowały dinozaury i paleosztukę. Dinozaury opisano i przedstawiono jako gigantycznych rozmiarów jaszczurki, które jednak posiadały niektóre cechy ssaków, jak na przykład ułożone pod tułowiem kończyny. Skamieniałości były bardzo niekompletne i pierwsze wizerunki dinozaurów posiadają wiele anatomicznych błędów. Najczęściej przytaczaną pomyłką jest interpretacja kolca kciuka iguanodona jako rogu znajdującego się na czubku głowy, podobnego do charakterystycznej cechy współczesnego