

ŚRÓDMIĘŚNIOWY KOLAGEN A KRUCHOŚĆ MIĘSA

Magdalena Górską (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

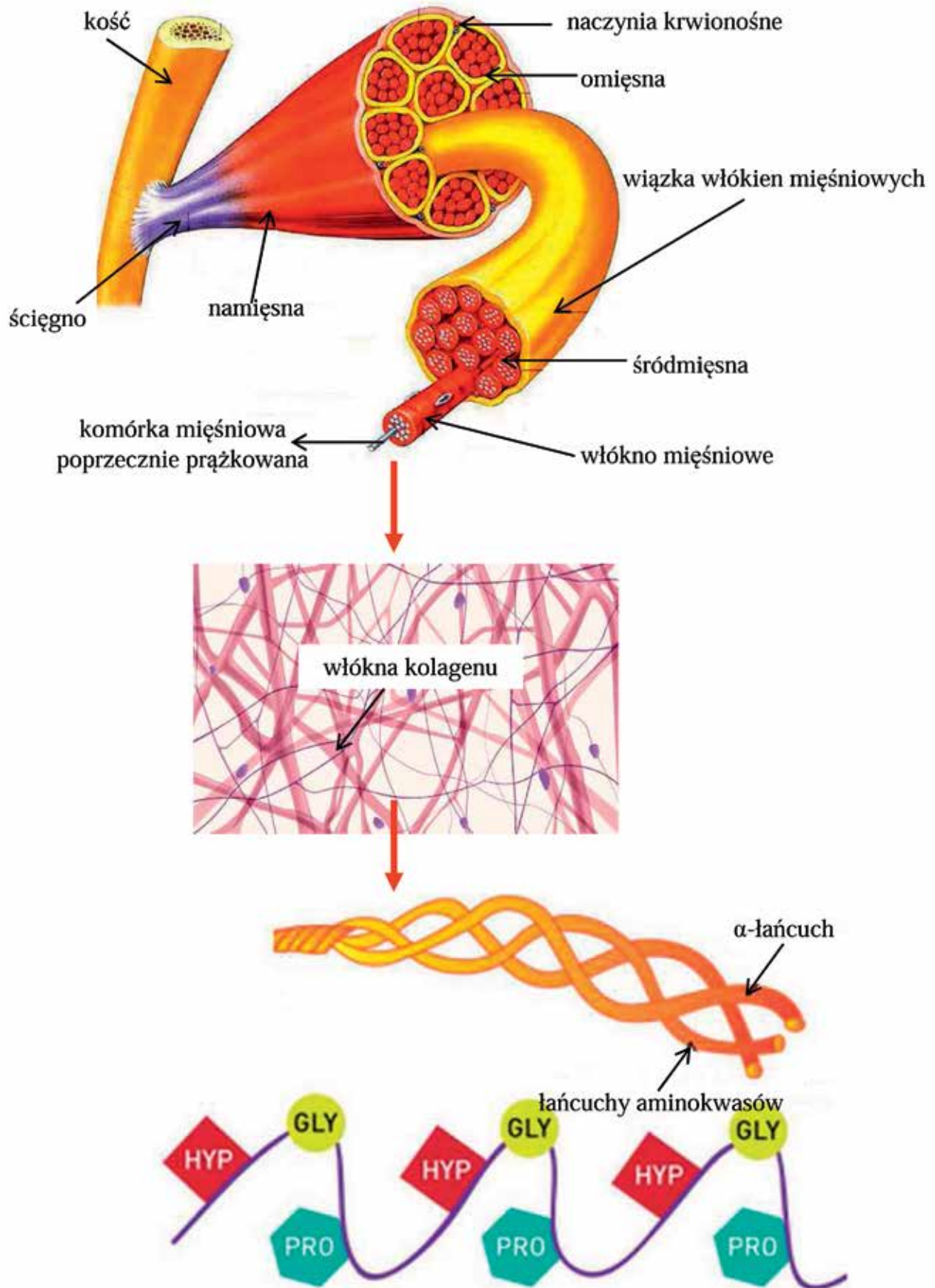
przez omięsną wewnętrzną pierwotną są skupione w większe pęczki otoczone przez grubszą omięsną wewnętrzną wtórną. *Perimysium* tworzy sieć włókien kolagenu i elastyny osadzonych w macierzy proteoglikanów (PGs), jednych z trzech głównych klas wchodzących w skład śródmięśniowej tkanki łącznej (IMCT). Omięśna 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 zwiększają 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