

Aleksandra Kucharz¹, Dorota Grabek-Lejko^{2,*}

MIKROORGANIZMY W MIĘSIE ZWIERZINY ŁOWNEJ

Streszczenie: Rosnące zainteresowanie konsumentów zdrową, nieprzetworzoną żywnością objawia się również rosnącą popularnością dziczyzny jako alternatywy dla mięsa hodowlanego. Atutem mięsa dzikich zwierząt jest jego korzystny profil żywieniowy w porównaniu do mięsa zwierząt hodowlanych. Ponadto dieta dzikich zwierząt pozbawiona jest antybiotyków, hormonów i sztucznych pasz. Jednakże mięso to może być źródłem bakterii powodujących choroby odzwierzęce człowieka. W artykule omówiono najważniejsze bakterie patogenne, oportunistyczne oraz saprofityczne występujące w mięsie dzikich zwierząt. Przedstawiono również możliwości zastosowania mikroorganizmów do obróbki i przetwórstwa dziczyzny w celu polepszenia jej walorów organoleptycznych.

Wprowadzenie

Mięso jest jednym z podstawowych składników diety człowieka, a jego jakość mikrobiologiczna ma kluczowe znaczenie zarówno dla bezpieczeństwa konsumentów, jak i technologicznych możliwości przetwórstwa. Wśród jego dostępnych rodzajów wyróżniamy mięso pochodzące z hodowli oraz dziczyznę (dzik, jelen, sarna). Każde z nich charakteryzuje się odmiennym profilem mikrobiologicznym wynikającym z warunków środowiskowych, sposobu pozyskiwania oraz obróbki. Mięso hodowlane (głównie wieprzowina, wołowina, drób oraz dziczyzna pochodząca z hodowli: dzik, daniel, jelen) powstaje w kontrolowanych warunkach fermowych, gdzie stosuje się określone normy sanitarne i weterynaryjne. Dzik, natomiast pochodzi od zwierząt żyjących na wolności, co wpływa na jej skład mikrobiologiczny i stawia wyzwania w zakresie higieny oraz trwałości. Różnice te mają istotne znaczenie technologiczne, ponieważ determinują metody przechowywania, obróbki i bezpieczeństwa gotowych produktów mięsnych.

Spożycie mięsa w Polsce pozostaje na wysokim poziomie (75–80 kg na osobę rocznie), przy czym dominującą rolę odgrywa mięso hodowlane (głównie

¹ Studentka kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.

² Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.

* dgrabek@ur.edu.pl

wieprzowina i drób). Dzikizna stanowi zaledwie około 0,5–1% całkowitej konsumpcji mięsa (ok. 0,08 kg/osobę), pomimo tego że Polska jest jednym z głównych producentów i eksporterów zwierząt łownych w Europie. Niskie spożycie dzikizny może wynikać z ograniczonej jej dostępności i wyższej ceny w porównaniu do mięsa hodowlanego [Kwiecińska i in. 2018, Wach i in. 2023].

W ostatnich latach obserwuje się rosnącą popularność dzikizny jako alternatywy dla mięsa pochodzącego z hodowli przemysłowej [Reitznerová i in. 2023]. Jednym z kluczowych jej atutów jest korzystny profil żywieniowy. W porównaniu do mięsa hodowlanego zawiera mniej tłuszczu oraz charakteryzuje się obniżoną zawartością cholesterolu. Ponadto dzikizna jest bogatym źródłem pełnowartościowego białka, aminokwasów egzogennych, nienasyconych kwasów tłuszczowych, witamin z grupy B oraz soli mineralnych (Fe, Zn, Se) [Flis 2016, Zin i Mroczek 2016]. Istotne jest również jej naturalne pochodzenie. Zwierzęta łowne żyją w środowisku wolnym od antybiotyków, hormonów i sztucznych pasz, co zwiększa atrakcyjność tego mięsa jako produktu ekologicznego [Kniżewska i in. 2016].

Mikrobiota mięsa dzikich zwierząt odgrywa kluczową rolę zarówno w aspekcie bezpieczeństwa żywności, jak i technologicznych właściwości surowca. Skład mikrobiologiczny dzikizny jest wynikiem wielu czynników, takich jak środowisko naturalne, dieta zwierząt, sposób pozyskania mięsa oraz warunki przechowywania i przetwórstwa. Znaczenie mikrobioty w dzikiznie można rozpatrywać w kilku aspektach. Po pierwsze, wpływa ona na bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów, gdyż niektóre drobnoustroje mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka. Po drugie, mikrobiota oddziałuje na trwałość mięsa oraz procesy jego psucia, co ma znaczenie w logistyce i dystrybucji produktów mięsnych [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007]. Ponadto niektóre mikroorganizmy uczestniczą w procesach fermentacyjnych i dojrzewania, wpływając na walory smakowe i teksturę produktów z dzikizny.

Bakterie w mięsie zwierząt łownych

W artykułach naukowych opublikowanych na przestrzeni lat 2000–2022 opisano ponad 40 rodzajów bakterii wykrytych w próbkach dzikiego mięsa. Ponad 30% z nich ma potencjał zoonotyczny i może wywołać choroby odzwierzęce u człowieka. Pozostałe to bakterie środowiskowe lub tzw. oportunistyczne, czyli niestanowiące zagrożenia dla ludzi zdrowych, mogące jednak stać się patogenne dla osób z osłabionym układem odpornościowym [Moloney i in. 2023]. W przewodzie pokarmowym dzikich zwierząt znajduje się mikrobiota saprofityczna pełniąca istotne funkcje w prawidłowym funkcjonowaniu zwierząt. Bakterie wyizolowane z mięsa dzikich zwierząt przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Bakterie wyizolowane z próbek mięsa dzikich zwierząt

Bakterie zoonotyczne	Pozostałe bakterie		
<i>Bacillus</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Macrococcus</i>	<i>Providencia</i>
<i>Brucella</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Pseudomonas</i>
<i>Campylobacter</i>	<i>Carnobacterium</i>	<i>Moellerella</i>	<i>Ralstonia</i>
<i>Coxiella</i>	<i>Cetobacterium</i>	<i>Morganella</i>	<i>Serratia</i>
<i>Enterococcus Erysi-</i>	<i>Citrobacter</i>	<i>Mycoplasma</i>	<i>Staphylococcus</i>
<i>pelothrinx</i>	<i>Clostridium</i>	<i>Myroides</i>	<i>Streptococcus</i>
<i>Escherichia</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Paeniclostridium</i>	<i>Treponema</i>
<i>Leptospira</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Wohlfahrtiimonas</i>
<i>Listeria Mycobacte-</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Peptostreptococcus</i>	
<i>rium</i>	<i>Lysinibacillus</i>	<i>Proteus</i>	
<i>Salmonella</i>			
<i>Yersinia</i>			

Źródło: Moloney i in. 2023

Drobnoustroje patogenne

Dzikie zwierzęta są potencjalnym rezerwuarem patogenów odzwierzęcych, które odpowiadają za 75% wszystkich ludzkich patogenów, z czego 70% ma związek z dzikimi zwierzętami [Floris i in. 2024]. Zarządzanie mięsem zwierzyny łownej opiera się na analizie związanej z patogenami, ich rozpowszechnianiem się i poziomem skażenia, a szczegółowe zasady higieny żywności pochodzenia zwierzęcego, w tym również szkoleń myśliwych w zakresie zdrowia i postępowania z dużą zwierzyną łowną, określone są w Rozporządzeniu (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r.

Organizmy patogenne spotykane w mięsie zwierząt łownych są takie same jak w mięsie zwierząt hodowlanych, a ryzyko zakażenia związane jest z bezpośrednim kontaktem z płynami ustrojowymi zwierząt podczas obróbki tuszy oraz spożyciem surowego, niedogotowanego lub zepsutego mięsa [Soto i in. 2025]. Do najważniejszych gatunków patogenów obecnych w dziczyźnie można zaliczyć: *Campylobacter* spp, *Clostridium perfringens*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* wytwarzająca toksynę Shiga (STEC), *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* [Floris i in. 2024]. Spożycie mięsa zanieczyszczonego tymi bakteriami stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia konsumentów. *Salmonella* spp. to Gram-ujemna, względnie beztlenowa pałeczka należąca do rodziny *Enterobacteriaceae*. Zakażenie nią może prowadzić do salmonellozy objawiającej się relaksacją, gorączką i skurczami brzucha. W cięższych przypadkach może dojść do odwodnienia, a u osób z osłabionym układem odpornościowym infekcja może rozprzestrzenić się poza przewód pokarmowy i stanowić zagrożenie dla życia. Salmonelloza to druga najczęściej zgłaszana choroba odzwierzęca w 2021 r. [Altissimi i in. 2023]. Bakterie z rodzaju *Campylobacter* (*C. jejuni* i *C. coli*)

są jedną z głównych przyczyn bakteryjnych zakażeń przewodu pokarmowego – kampylobakteriozy. Objawy zakażenia są podobne jak przy salmonellozie. W niektórych przypadkach infekcja może prowadzić do powikłań, takich jak zespół Guillaina-Barrégo, który powoduje uszkodzenie nerwów, co może skutkować paraliżem. W 2021 r. liczba przypadków kampylobakteriozy była najwyższa spośród chorób zoonotycznych w UE, a czwarta z chorób przenoszonych drogą pokarmową [Altissimi i in. 2023].

Y. enterocolitica to również bakteria należąca do rodziny *Enterobacteriaceae*, która może wywołać ostre zapalenie jelit, biegunkę, śmiertelne martwicze zapalenie jelit i posocznice.

Zakażenie *L. monocytogenes* prowadzi do listeriozy, szczególnie niebezpiecznej dla kobiet w ciąży, noworodków, osób starszych oraz z osłabioną odpornością. U kobiet w ciąży listerioza może skutkować poronieniem, przedwczesnym porodem lub urodzeniem martwego dziecka. U innych może prowadzić do zapalenia opon mózgowych i posocznicy [Abel i in. 2020].

E. coli to Gram-ujemna pałeczka, która naturalnie występuje w środowisku, żywności oraz układzie pokarmowym ludzi i zwierząt. *E. coli* wytwarzająca toksynę Shiga może powodować poważne choroby u ludzi (biegunka krwotoczna, zespół hemolityczno-mocznicowy – HUS). Zakażenie *E. coli* u dzikich zwierząt może przebiegać bezobjawowo, dlatego też mogą być one naturalnym rezerwuarem tych patogenów [Espinosa i in. 2018].

Drobnoustroje saprofityczne

W przewodzie pokarmowym dzikich zwierząt bytują liczne mikroorganizmy, które odgrywają kluczową rolę w procesach trawienia i utrzymaniu homeostazy organizmu. Skład tej mikrobioty jest kształtowany przez czynniki takie jak dieta, środowisko życia oraz stan zdrowia zwierzęcia. Wśród bakterii naturalnie występujących w przewodzie pokarmowym dzikich zwierząt można wymienić:

Lactobacillus spp. – to istotne składniki mikrobioty jelitowej znane z produkcji kwasu mlekowego, który obniża pH w jelitach, hamując rozwój patogenów [Mrkonjic Fuka i in. 2020].

Enterococcus spp. – enterokoki, takie jak *Enterococcus faecium*, są naturalnymi mikroorganizmami zasiedlającymi przewód pokarmowy zwierząt łownych. Niektóre szczepy mogą działać probiotycznie, produkując kwasy organiczne i pomagając w utrzymaniu niskiego pH w jelitach. Ponadto, *E. faecium* może pobudzać funkcjonowanie układu odpornościowego [Guerrero-Ramos i in. 2016].

Escherichia coli – jest bakterią powszechnie występującą w jelitach zwierząt. Większość szczepów pełni funkcje komensalne, wspierając procesy trawienne i syntezę niektórych witamin [Espinosa i in. 2018].

Wpływ ekosystemu na mikrobiotę

Różnorodność środowisk, takich jak lasy, pola czy mokradła, wpływa na specyficzny skład mikrobioty zwierząt poprzez bezpośredni kontakt z glebą, wodą oraz roślinnością charakterystyczną dla danego ekosystemu.

Zwierzęta zamieszkujące lasy są narażone na mikroorganizmy obecne w ściółce leśnej, na powierzchni roślin czy w wodach leśnych strumieni, m.in. *Firmicutes* spp., które są niezbędne przy trawieniu błonnika. Są zdolne do fermentacji złożonych węglowodanów jak celuloza, co pozwala zwierzętom efektywnie wykorzystywać energię z diety bogatej w roślinność. Na drodze fermentacji produkują krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA), które są ważnym źródłem energii dla komórek jelitowych i biorą udział w modulacji odpowiedzi immunologicznej [Sun i in. 2020]. Bakterie z typu *Proteobacteria* metabolizują białka i tłuszcze w przewodzie pokarmowym zwierząt mięsożernych. Niektóre szczepy mogą działać jako oportunistyczne patogeny. Zwiększona liczebność *Proteobacteria* spp. została powiązana z dysbiozą i stanami zapalnymi przewodu pokarmowego [Moon i in. 2018].

Z kolei gatunki bytujące na terenach podmokłych mają kontakt z mikrobiotą typową dla środowisk wodno-błotnych, m.in. z bakteriami z rodzaju *Clostridium* spp., które uczestniczą w fermentacji beztlenowej, wpływając na procesy trawienne u zwierząt [Membré i in. 2011].

Dieta a skład mikrobioty przewodu pokarmowego

Dieta bogata w różnorodne składniki odżywcze sprzyja rozwojowi mikrobioty, co może mieć pozytywny wpływ na zdrowie zwierząt. Natomiast monotonna dieta może prowadzić do zmniejszenia heterogeniczności mikroorganizmów w przewodzie jelitowym. Zwierzęta żywiące się głównie pokarmem roślinnym, takim jak liście, kora czy owoce, dostarczają do swojego układu pokarmowego dużą ilość błonnika, który nie ulega trawieniu i stanowi pożywkę dla korzystnych bakterii jelitowych. Fermentacja błonnika przez mikroorganizmy jelitowe prowadzi do produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych wspomagających zdrowie jelit. Bakterie z rodzaju *Ruminococcus*, występujące u jeleni czy żubrów, odgrywają kluczową rolę w rozkładzie błonnika. Podobnie *Fibrobacter*, które specjalizują się w degradacji włókien roślinnych, wspierając procesy fermentacyjne w jelitach roślinożerców [Toribio-Mateas i in. 2021].

Natomiast skład mikrobioty jelitowej zwierząt spożywających pokarm bogaty w tłuszcze i białko zwierzęce, takie jak mięso innych zwierząt, może różnić się od mikrobioty roślinożerców. Badania wykazują, że dieta wysokotłuszczowa może prowadzić do wzrostu liczebności mikroorganizmów tolerujących żółć, prawdopodobnie ze względu na zwiększone wydzielanie kwasów żółciowych w wyniku

wysokiego spożycia tłuszczów. *Clostridium* spp. występujące u drapieżników uczestniczą w rozkładzie białek i tłuszczów zwierzęcych. Niektóre gatunki *Clostridium* są jednak potencjalnie patogenne, co może mieć znaczenie dla bezpieczeństwa mięsa dzikich zwierząt [Zhang i in. 2010].

Zagrożenia związane z nieprawidłowym transportem, magazynowaniem i obróbką tusz

Transport i przechowywanie mięsa w nieodpowiednich warunkach temperaturowych i higienicznych sprzyja namnażaniu się mikroorganizmów psychrotrofowych, w tym bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, które są główną przyczyną psucia się mięsa. Ponadto obecność bakterii przetrwalnikujących, takich jak *Clostridium perfringens*, może prowadzić do psucia się mięsa w warunkach beztlenowych oraz stanowić zagrożenie zdrowotne [Zhu i in. 2022]. Dodatkowo grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* mogą pojawiać się w przypadku niewłaściwego przechowywania mięsa, zwłaszcza przy podwyższonej wilgotności [Altissimi i in. 2023]. Temperatura otoczenia powyżej 7°C podczas polowań również istotnie wpływa na liczbę drobnoustrojów [Peruzy i in. 2022]. Po odstrzale zwierzyny istotne jest jak najszybsze schłodzenie tusz do temperatury nieprzekraczającej +4°C, co ogranicza rozwój mikroorganizmów. Transport do zakładu przetwórczego powinien odbywać się w warunkach chłodniczych, by zapewnić utrzymanie tej temperatury. Należy unikać układania zwierząt na stos, aby zapobiec mechanicznemu uszkodzeniu tusz i potencjalnym zakażeniom krzyżowym [Rozporządzenie (WE) nr 853/2004]. Niewłaściwa obróbka oraz spożywanie surowego mięsa może być również przyczyną zakażeń pokarmowych. Zapewnienie bezpieczeństwa dziczyzny wymaga systematycznego podejścia do identyfikacji zagrożeń i kontroli w całym łańcuchu dostaw poczynając od pozyskania, obróbki aż po przetwarzanie i spożycie [Soto i in. 2025].

Wpływ mikroorganizmów na walory organoleptyczne

Jednocześnie mikroorganizmy odgrywają kluczową rolę w procesie dojrzewania mięsa dzikich zwierząt, wpływają na jego jakość, teksturę oraz profil smakowy. Ich działanie enzymatyczne prowadzi do przemian biochemicznych, które intensyfikują walory sensoryczne dziczyzny, czyniąc ją bardziej atrakcyjną dla konsumentów. Bakterie kwasu mlekowego (*Lactobacillus* spp., *Pediococcus pentosaceus*) uczestniczą w proteolizie białek, prowadząc do powstawania wolnych aminokwasów i peptydów pogłębiających smak *umami* oraz wpływają na kruchość mięsa. Dodatkowo bakterie te wytwarzają kwas mlekowy, który, obniżając pH mięsa, hamuje rozwój niepożądanych mikroorganizmów i sprzyja stabilności mikrobiologicznej

produktu [Liu i in. 2025]. Drożdże, takie jak *Debaryomyces hansenii*, wykazują aktywność proteolityczną i lipolityczną, przyczyniając się do rozkładu białek i tłuszczów. Efektem tych procesów jest uwalnianie wolnych kwasów tłuszczowych oraz aminokwasów, które są prekursorami związków aromatycznych nadających mięsu smak i zapach [Oh i in. 2019]. Pleśnie z rodzaju *Mucor* i *Penicillium* rozwijają się na powierzchni dojrzewającego mięsa, tworząc charakterystyczną „skórkę”. Wydzielają one enzymy, takie jak proteazy i lipazy, penetrujące w głąb tkanki mięśniowej i potęgujące procesy proteolizy i lipolizy. W rezultacie dochodzi do powstania związków lotnych, takich jak aldehydy, ketony i estry, które nadają mięsu profil smakowo-zapachowy [Przybylski i in. 2024].

Zastosowanie biostarterów w procesie dojrzewania mięsa dzikich zwierząt stanowi nowoczesne podejście mające na celu poprawę jakości, bezpieczeństwa oraz powtarzalności produktów z dziczyzny. Biostartery to specjalnie wyselekcjonowane kultury mikroorganizmów wspomagające przemiany biochemiczne zachodzące w mięsie podczas dojrzewania, co przekłada się na intensyfikację walorów sensorycznych (smak, aromat i tekstura) mięs hodowlanych [Przybylski i in. 2024]. W przypadku dziczyzny biostartery mogą być stosowane zarówno w dojrzewaniu całych tusz, jak i w produkcji wędlin dojrzewających. Bakterie fermentacji mlekowej wykorzystywane są w procesach fermentacji kielbas dojrzewających z udźca jelenia [Fuka i in. 2020]. Zastosowanie kultur starterowych bakterii, np. *Lyocorni* SHI 59 (mieszanina *Staphylococcus xylosus*, *Lactobacillus plantarum*, *P. pentosaceus*), w produkcji kielbas dojrzewających z dziczyzny pozwoliłoby na kontrolowany przebieg fermentacji i uzyskanie wyrobów o wysokiej jakości i pożądanych cechach sensorycznych. Takie podejście wymaga dalszych badań i jest wyzwaniem dla naukowców.

Podsumowanie

Mięso dzikich zwierząt stanowi doskonałą alternatywę dla mięsa zwierząt hodowlanych, ale należy pamiętać, że może ono być również rezerwuarem wielu bakterii patogennych, oportunistycznych czy saprofitycznych. Ponadto przyszłościowe wydaje się podejście zastosowania kultur starterowych mikroorganizmów do kontrolowanej i powtarzalnej produkcji wyrobów z dziczyzny.

Bibliografia

- Abel T., Boulaaba A., Lis K., Abdulmawjood A., Plötz M., Becker A. (2020). Inactivation of *Listeria monocytogenes* in game meat applying sous vide cooking conditions. *Meat Science*, 167, 108164.
- Altissimi C., Noé-Nordberg C., Ranucci D., Paulsen P. (2023). Presence of foodborne bacteria in wild boar and wild boar meat – A Literature survey for the period 2012–2022. *Foods*, 12, 8, 1689.

- Espinosa L., Gray A., Duffy G., Fanning S., McMahon B.J. (2018). A scoping review on the prevalence of Shiga-toxigenic *Escherichia coli* in wild animal species. *Zoonoses and Public Health*, 65, 911–920.
- Flis M. (2016). Dzikizna jako źródło żywności, prawno-ekonomiczne aspekty wprowadzenia na rynek. *Przegląd Hodowlany*, 6, 29–31.
- Floris I., Vannuccini A., Ligotti C., Musolino N., Romano A., Viani A., Bianchi D.M., Robetto S., Decastelli L. (2024). Detection and characterization of zoonotic pathogens in game meat hunted in Northwestern Italy. *Animals*, 14, 562.
- Fuka M.M., Tanuwidjaja I., Maksimovic A.Z., Zunabovic-Pichler M., Kublik S., Hulak N., Konrad J., Domig K., Schlöter M. (2020). Bacterial diversity of naturally fermented game meat sausages: Sources of new starter cultures. *LWT*, 118, 108782.
- Guerrero-Ramos E., Cordero J., Molina-González D., Poeta P., Igrejas G., Alonso-Calleja C., Capita R. (2016). Antimicrobial resistance and virulence genes in enterococci from wild game meat in Spain. *International Journal of Food Microbiology*, 53, B, 156–164.
- Kniżewska K., Batorska M., Więcek J., Rekiel A., Sońta M. (2016). Dzikizna w ocenie polskich konsumentów. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 43, 2, 285–291.
- Kwiecińska K., Kosicka-Gębska M., Gębski J. (2018). Dostępność dzikizny na polskim rynku w kontekście potrzeb konsumentów. *Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 121, 83–91.
- Liu Y., Gao X., Zang M., Sun B., Zhang S., Xie P., Liu X. (2025). Insights into microbial community and its enzymatic profiles in commercial dry-aged beef. *Foods*, 14, 3, 529.
- Membré J.M., Laroche M., Magras C. (2011). Assessment of levels of bacterial contamination of large wild game meat in Europe. *Food Microbiology*, 28, 5, 1072–1079.
- Moloney G.K., Gaubert P., Gryseels S., Verheyen E., Chaber A-L. (2023). Investigating infectious organisms of public health concern associated with wild meat. *Transboundary and Emerging Diseases*, 5901974.
- Moon C.D., Young W., Maclean P.H., Cookson A.L., Bermingham E.N. (2018). Metagenomic insights into the roles of Proteobacteria in the gastrointestinal microbiomes of healthy dogs and cats. *Microbiologyopen*, 7, 5, e00677.
- Mrkonjic Fuka M., Tanuwidjaja I., Zgomba Maksimovic A., Zunabovic-Pichler M., Kublik S., Hulak N., Domig K.J., Schlöter M. (2020). Bacterial diversity of naturally fermented game meat sausages: sources of new starter cultures. *LWT Food Science and Technology*, 118, 108782.
- Oh H., Lee H.J., Lee J., Jo C., Yoon Y. (2019). Identification of microorganisms associated with the quality improvement of dry-aged beef through microbiome analysis and DNA sequencing, and evaluation of their effects on beef quality. *Journal of Food Science*, 84, 10, 2944–2954.
- Peruzy F., Murru N., Smaldone N.G., Proroga Y.T.R., Cristiano D., Fioretti A.A., Anastasio A. (2022). Hygiene evaluation and microbiological hazards of hunter wild boar carcasses. *Food Control*, 135, 108782.
- Przybylski W., Jaworska D., Kresa P., Ostrowski G., Płecha M., Korsak D., Derewiaka D., Adamczak L., Siekierko U., Pawłowska J. (2024). Fungal biostarter and bacterial occurrence of dry-aged beef: The sensory quality and volatile aroma compounds after 21 days of aging. *Applied Sciences*, 14, 19, 9053.
- Reitznerová A., Semjon B., Bartkovský M., Šuleková M., Nagy J., Klempová T., Marcinčák S. (2023). Comparison of lipid profile and oxidative stability of vacuum-packed and longtime frozen fallow deer, wild boar, and pig meat. *Applied Sciences*, 13, 6, 4059.
- Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. *Dz.U. L 139 z 30.4.2004*, 55–205.

- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1441/2007 z dnia 5 grudnia 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2073/2005 w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych. Dz.U. L 322 z 7.12.2007, 12–29.
- Soto S.M., Castellsagués L., Ballén V., Gabasa Y., Mayor P., Brull G.R., Funk S.M., Fa J.E. (2025). Prevalence of bacterial contamination on wild meat processing and cooking surfaces in rural Cameroon. *One Health*, 20, 101028.
- Sun Y., Sun Y., Shi Z., Liu Z., Zhao C., Lu T., Gao H., Zhu F., Chen R., Zhang J., Pan R., Li B., Teng L., Guo S. (2020). Gut microbiota of wild and captive alpine musk deer (*Moschus chrysogaster*). *Frontiers in Microbiology*, 10, 3156.
- Toribio-Mateas M.A., Bester A., Klimenko N. (2021). Impact of plant-based meat alternatives on the gut microbiota of consumers: A real-world study. *Foods*, 10, 2040.
- Wach J., Komosa M., Serwańska-Leja K., Babiński B., Nowicki W. (2023). Comparison of the nutritional value of meat from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*). *Animal Science and Genetics*, 19, 4, 81–90.
- Zhang C., Zhang M., Wang S., Han R., Cao Y., Hua W., Mao Y., Zhang X., Pang X., Wei C., Zhao G., Chen Y., Zhao L. (2010). Interactions between gut microbiota, host genetics and diet relevant to development of metabolic syndromes in mice. *The ISME Journal*, 4, 232–2241.
- Zhu Y., Wang W., Li M., Zhang J., Ji L., Zhao Z., Zhang R., Cai D., Chen L. (2022) Microbial diversity of meat products under spoilage and its controlling approaches. *Nutrition and Food Science Technology*, 9, 1078201.
- Zin M., Mroczek J.R. (2016). Dzikizyna – jako źródło zdrowej żywności (część I). *Gospodarka Mięsna*, 3, 54–56.

Microorganisms in game meat

Abstract: The growing interest of consumers in healthy, unprocessed food is also reflected in the growing popularity of game as an alternative to meat from industrial farming. The advantage of wild animal meat is its favorable nutritional profile compared to meat from farmed animals. In addition, the diet of game is free of antibiotics, hormones and artificial feed. However, this meat may be a source of bacteria that cause human zoonoses. The article discusses the most important pathogenic, opportunistic and saprophytic bacteria found in the meat of wild animals. The possibilities of using microorganisms for game processing in order to improve its organoleptic properties were also presented.

