



prof. dr hab.
Wiesław PRZYBYLSKI

Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie



dr
Magdalena PŁECHA

Instytut Biologii Ewolucyjnej, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski oraz Zakład Bioinformatyki Grzybów, Instytut Biochemii i Biofizyki, Polska Akademia Nauk w Warszawie

Zastosowanie biostarterów grzybowych w procesie dojrzewania wołowiny na sucho

Application of fungal biostarters in beef dry aging process

Mięso wołowe stanowi substrat wysokobiałkowy i jest źródłem wysoko przyswajalnego żelaza oraz innych mikro- i makroelementów. Jednak zanim wołowina zostanie spożyta wymaga sezonowania, procesu podczas którego nabiera właściwości podnoszących jej jakość. Występują dwa rodzaje sezonowania: na mokro i na sucho. Wiadomo, że mimo wyższych kosztów produkcji druga z metod przynosi korzystniejsze efekty sensoryczne, co podnosi rangę produktu. Wymaga ona warunków chłodniczych, odpowiedniej wilgotności i przepływu powietrza stabilizowanych najczęściej w specjalnej szafie dojrzewalniczej. Podczas procesu dojrzewania na powierzchni mięsa rozwijają się różne bakterie i grzyby, które produkują enzymy wydzielane na powierzchnię wołowiny. Należą do nich m. in. proteazy, w tym kolagenazy, które w naturalny sposób rozkładają białka włókien mięśniowych. Badania uwzględniające procesy mikrobiologiczne zachodzące na wołowinie sezonowanej na sucho (DAB) prowadzone są na całym świecie, ale w ostatnim czasie krajami szczególnie w nie zaangażowanymi są Polska i Japonia. Prowadzone analizy skupiają się przede wszystkim na poznaniu różnicowania taksonomicznego bakterii i grzybów obecnych i rozwijających się na sezonowanej wołowinie oraz bezpieczeństwie mikrobiologicznym finalnego produktu. W ostatnim czasie jednak na popularności zyskują dodatkowo badania aplikacyjne, których celem jest opracowywanie bezpiecznych i efektywnych kultur mikroorganizmów, które umożliwiłyby wystandaryzowanie procesu sezonowania wołowiny na sucho, szczególnie z użyciem grzybów strzępkowych. Istnieje kilka szczepów z rodzaju *Mucor*, które zostały opracowane w tym celu, a jeden z nich, *Mucor flavus* KKP 2092p, został opatentowany przez zespoły polskich badaczy ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego i Uniwersytetu Warszawskiego w ramach realizacji projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Podobne badania prowadzone są także w Japonii. Uzyskiwane szczepy grzybów zwiększają jakość sensoryczną wołowiny jak również potencjalnie podnoszą jego bezpieczeństwo mikrobiologiczne.

Słowa kluczowe: wołowina sezonowana na sucho, jakość sensoryczna, mikrobiologia mięsa, *Mucor flavus*, biostartery, związki lotne

Beef is a high-protein substrate as well as a source of easily absorbable iron and other micro- and macroelements. However, before it is consumed, beef requires a process called aging during which it acquires properties that increase its quality. There are two types of this process: wet and dry aging. It is known that despite higher production costs, the latter method leads to more favorable sensory effects, enhancing the final product's quality. Dry aging requires refrigerated conditions, appropriate humidity, and air circulation, usually maintained in a special maturation chamber. During the aging process, various bacteria and fungi develop on the meat's surface, producing enzymes released onto the beef's surface. These include proteases, particularly collagenases, which naturally break down muscle fiber proteins. Research regarding the microbiological processes occurring within dry-aged beef (DAB) is conducted worldwide, but recently, Poland and Japan have been particularly involved. The analyses primarily focus on understanding the taxonomic diversity of bacteria and fungi present and growing on dry-aged beef, as well as the microbiological safety of the final product. Recently, however, apart from the basic studies, application projects have gained popularity. They focus on developing safe and effective microorganism cultures to standardize the dry aging process, especially with the use of filamentous fungi. Several strains of the genus *Mucor* have been developed for this purpose, and one of them, *Mucor flavus* KKP 2092p, was patented by teams of Polish researchers from the Warsaw University of Life Sciences and the University of Warsaw as part of a project funded by the National Center for Research and Development. Similar studies are also being conducted in Japan. The obtained fungal strains improve the sensory quality of beef and potentially enhance its microbiological safety.

Keywords: dry-aged beef (DAB), sensory quality; microbiology of meat, *Mucor flavus*, biostarters, volatile compounds

W 2021 roku wołowina i cielęcina stanowiły około 23% w całkowitej ilości mięsa produkowanego na świecie [GUS 2023]. Mięso wołowe posiada dużą wartość odżywczą, która wynika ze znacznej zawartości białka o wysokiej wartości biologicznej, jest źródłem żelaza o dobrej biodostępności, cynku, selenu i witamin z grupy B [14]. Przed spożyciem wymaga jednak procesu dojrzewania, który powinien doprowadzić mięso do uzyskania pożądanych właściwości, szczególnie kruchości i smakowitości. Obecnie na świecie stosuje się

dwie metody dojrzewania, tj. na mokro (w warunkach próżniowych) i na sucho (bez pakowania, w warunkach chłodniczych przy odpowiedniej wilgotności i ruchu powietrza). Najpopularniejsza jest metoda dojrzewania na mokro z uwagi na łatwość stosowania i mniejsze straty (do 6%). Dojrzewanie na sucho jest trudniejsze i mniej popularne ze względu na znaczne straty podczas dojrzewania, wynoszące nawet do 30-40%, choć tradycja tej metody sięga stuleci i dotyczy również innych gatunków mięsa takich jak wieprzowina,

baranina, koźlecina, dziczyzna, drób czy ryby [3, 4, 10]. Mimo wyzwania, z jakim wiąże się ten sposób dojrzewania mięsa, pozwala on na uzyskanie wołowiny (DAB – Dry Aged Beef) o specyficznych i unikalnych cechach sensorycznych, w tym szczególnie smakowo-zapachowych, bardzo cenionych przez konsumentów [11]. Jak już wspomniano, proces ten jest trudny do przeprowadzenia i jak wskazują wyniki badań, efekty są często bardzo zróżnicowane i niepowtarzalne. Jak podają Terjung i wsp. [26] wynika to z faktu, że na przebieg ma wpływ wiele czynników trudnych do standaryzacji. Zaliczyć można do nich jakość surowca (pH mięsa, wielkość wycieku, zawartość tłuszczu, rasa, żywienie), parametry prowadzenia procesu, tj. czas, temperatura, wilgotność i szybkość ruchu powietrza [18]. Wspomniane warunki wpływają istotnie na procesy dojrzewania, czyli proteolizę białek mięśniowych oraz powstawanie związków będących prekursorami smaku i zapachu [3]. Podczas sezonowania na sucho zachodzące przemiany dojrzewalnicze są efektem działania endogennych enzymów występujących w tkance mięśniowej, takich jak kalpainy i katepsyny [3, 19, 26], ale także, o czym warto wspomnieć, działania enzymów wydzielanych przez mikroorganizmy, które rozwijają się na powierzchni mięsa [20].

MIKROBIOLOGIA PROCESU DOJRZEWANIA

Drugim źródłem przemian dojrzewalniczych są drobnoustroje rozwijające się spontanicznie na powierzchni mięsa. Powierzchniowy rozwój mikrobiomu na mięsie jest uzależniony od temperatury, czasu dojrzewania, wilgotności oraz ruchu powietrza [3, 12]. Wśród różnych rodzajów bakterii wykrywanych na powierzchni najczęściej dominują bakterie z rodzajów *Pseudomonas* i *Lactobacillus* [1, 2, 17]. Wzrost bakterii (również tych niepożądanych, np. odpowiedzialnych za psucie mięsa czy patogennych) jest najczęściej częściowo hamowany poprzez zmniejszenie aktywności wodnej na powierzchni dojrzewającego mięsa w trakcie tworzenia się uszki, co ma miejsce podczas sezonowania na sucho [3]. Kolejną znaczącą grupą mikroorganizmów rozwijających się na mięsie podczas tego procesu są drożdże i grzyby strzępkowe z rodziny *Mucoraceae* [17].

Wśród nich najczęściej wymienia się grzyby strzępkowe z rodzajów *Thamnidium*, *Helicostylum*, *Pilaira*, *Mucor* [2, 3, 17]. Ich cechą wspólną są właściwości psychrofilne (mają zdolność do wzrostu w niskiej temperaturze), jak również wydzielają enzymy proteolityczne (proteazy, zwane także peptydazami, w tym kolagenazy), które rozkładają białka mięśniowe oraz tkankę łączną, poprawiając kruchość i smak wołowiny sezonowanej na sucho [3, 15]. Mikami i wsp.

[15], którzy zidentyfikowali mikroorganizmy obecne na wołowinie podczas dojrzewania suchego i mokrego oraz sprawdzali jej wpływ na właściwości mięsa, wykazali m.in. obecność psychrofilnych grzybów z gatunków *Mucor flavus* i *Helicostylum pulchrum*, a także grzybów z rodzaju *Penicillium* i *Debaryomyces* na powierzchni wołowiny sezonowanej na sucho.

Co ciekawe, w mięsie tym zidentyfikowano więcej lotnych związków zapachowych o aromacie grzybowym, orzechowym, choć także stwierdzono obecność innych pożądanых zapachów mięsa, które nieobecne są w wołowinie sezonowanej na mokro.

Różnice te jednak nie były istotne statystycznie. Autorzy opisaną pracę donoszą, że wymienione wyodrębnione pleśnie (takie jak np. *Mucor* sp.) podczas sezonowania na sucho mogą przyczynić się do zwiększania intensywności aromatu i smaku [22].

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA BIOSTARTERÓW

Dotychczas większość badań skupiała się na innych znanych produktach dojrzewających takich jak sery czy kiełbasy, w których procesie sezonowania uczestniczą m.in. drożdże *Debaryomyces hansenii* jak też nieprodukujące toksyn szczepy grzybów strzępkowych *Penicillium*. Dotychczas przeprowadzono kilka badań nad oceną oddziaływania wybranych pleśni i drożdży na jakość wołowiny podczas dojrzewania na sucho. Kilku autorów w swoich badaniach stwierdziło, że *Penicillium camemberti* i *Pilaira anomala* oraz *Debaryomyces hansenii*, które wykryto na powierzchni dojrzewającej wołowiny, mają pozytywny wpływ na smakowość DAB [16, 24]. Identyfikowane szczepy *Debaryomyces hansenii* i *Pilaira anomala* miały nie tylko wpływ na poprawę smakowości, ale także kruchości dojrzewającej wołowiny.

Wymienione gatunki grzybów charakteryzują się właściwościami proteolitycznymi i lipolitycznymi, co skutkuje wzrostem poziomu wolnych aminokwasów i kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej. Z kolei Yoo i wsp. [28] wykazali, że jeden ze szczepów drożdży wyizolowany z prób DAB *Debaryomyces hansenii* SMFM 201905-5 (używany w kulturach starterowych do produkcji kiełbas sucho-fermentujących), ma istotny wpływ na wzrost jakości mięsa podczas dojrzewania. Zaobserwowano poprawę kruchości produktu ocenianą instrumentalnie oraz wzrost poziomu wolnych aminokwasów i kwasów tłuszczowych, co pozytywnie wpływa na smakowość. Z kolei, Lee i wsp. [13] zastosowali mieszaną kulturę starterową dwóch gatunków *Penicillium candidum* i *Penicillium nalgiovense* w dojrzewaniu wołowiny na sucho. Pleśnie te wytypowano z uwagi na ich duże zdolności proteolityczne i jak również ich wcześniejsze zastosowanie w produk-

Zastosowanie kultur starterowych w dojrzewaniu wołowiny, w których skład wchodzi niepatogenne szczepy grzybów, może mieć znaczący potencjał dla producentów wołowiny w rozwoju przemysłu mięsnego czy przetwórstwa.

cji kielbas czy wędlin długo dojrzewających. Wyniki badań wykazały, że takie połączenie korzystnie wpłynęło na jakość fizykochemiczną i sensoryczną DAB poprzez wzrost zawartości związków lotnych poprawiających smakowość. Capouya i wsp. [1] podają, że zastosowanie kultur starterowych w dojrzewaniu wołowiny, w których skład wchodzi niepatogenne szczepy grzybów, może mieć znaczący potencjał dla producentów wołowiny w rozwoju przemysłu mięsnego czy przetwórstwa. Podobnie jak w przypadku stosowania kultur starterowych w produkcji wędlin dojrzewających pozwoli to na standaryzację procesu i uzyskanie przewidywanych efektów.

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że mięso podane sezonowaniu z użyciem biostarterów (inaczej kultur starterowych) zyskuje na jakości. Warto jednak podkreślić, że przedstawione powyżej prace uznać należy za wstępne i pilotażowe oraz wymagające dalszych badań. Przykładami prac wpisującymi się w nurt rozwijający nowe technologiczne zastosowania biostarterów grzybowych w dojrzewaniu wołowiny na sucho są te z zespołów badawczych z Japonii i Polski. Jaworska i wsp. [7] w badaniach nad procesem sezonowania wołowiny na sucho (temperatura powietrza: 1,5°C; wilgotność powietrza: 85-90%) zastosowali zidentyfikowane psychrofilne i niepatogenne szczepy pleśni *Thamnidium elegans* WA 74551 oraz WA 18081, *Mucor flavus* WA 71817 i *Helicostylum elegans* WA 71818. Wykazano, że opracowane grzybowe kultury starterowe w różnym stopniu oddziaływały na cechy tekstury mięsa: miękkość, soczystość, krwistość i włóknistość. Miały także wpływ na ogólną jakość sensoryczną produktu, jego maksymalną siłę cięcia oraz poziom degradacji białek miofibrylarnych. Wyniki te jednoznacznie wykazały możliwość zastosowania szczepów

grzybowych o znanych właściwościach w kulturach starterych do wspomagania procesów dojrzewalniczych mięsa wołowego. W ramach tych i innych szczegółowych badań, wykazujących zainteresowanie potencjalnymi szczepami grzybów, najwięcej uwagi poświęcono pleśni *Mucor flavus*. Przykładowo, ten gatunek grzyba został wykorzystany przez Hanagasaki i Asato [5] w badaniu wołowiny sezonowanej na sucho w okresie czterech tygodni. Według autorów szczep ten charakteryzował się szybkim wzrostem w niskiej temperaturze (około 2°C) i spowodował pojawienie się zapachów opisanych jako orzechowy i smażonego ziemniaka. W mięsie dojrzewającym z udziałem *Mucor flavus* zaobserwowano wzrost poziomu kwasu gamma-aminomasłowego, proliny i kwasu asparaginowego. Wnioskowano również, że obecność i najprawdopodobniej aktywność grzybni przyczyniła się do poprawy zapachu wołowiny sezonowanej na sucho w tych warunkach. Co więcej, stwierdzono, że rozwój strzępek mógł mieć wpływ na ograniczenie strat produkcyjnych mięsa, zapobiegając utracie jego wilgotności, co najprawdopodobniej było efektem pokrycia powierzchni mięsa gęstą grzybnią. Choć można również spekulować, że komórki grzyba stanowiły dodatkowy rezerwuuar wody, zwiększając wilgotność produktu mięsnego. Według najnowszych doniesień badaczy z Japonii szczep *Mucor flavus* wyizolowany w Centrum Przemysłowo Technologicznym na wyspie Okinawa jest obecnie stosowany w wielu dojrzewalnicach wołowiny w tym kraju [6]. Przewiduje się, że wołowina sezonowana na sucho z udziałem wspomnianej pleśni, będzie stanowiła nową żywność na Okinawie, oferując atrakcyjną i nowatorską ofertę kulinarną dla turystów z całego świata, przy jednoczesnym budowaniu nowej marki



a)



b)



c)



d)

Rys. 1. Próby mięsa (antrikot) dojrzewające 21-28 dni bez udziału biostartera (a, c) i z udziałem biostartera opierającego się na szczepie grzyba strzępkowego *Mucor flavus* szczep KKP 2092p (b, d)

na rynku produktów mięsnych ze światowym potencjałem. Wykazano bowiem, że wołowina dojrzewająca z udziałem *Mucor flavus* zawiera więcej związków lotnych, bo aż 75, w porównaniu z kontrolną [67], a w szczególności 2,4-trans, trans-nonadial, 2-undecenal oraz alifatyczne wyższe aldehydy. Są to unikalne związki, które mogą przyczynić się do powstawania zapachu opisywanego jako orzechowy czy gotowanego mięsa. Może być to powiązane z bardziej wyczuwalnym smakiem finalnego produktu. Wykazano ponadto wyższy poziom wolnych aminokwasów w mięsie sezonowanym z udziałem biostartera *Mucor flavus*. Może to wskazywać na aktywne procesy proteolizy białek mięśniowych podczas dojrzewania.

Badania nad zastosowaniem biostartera opierającego się na innym szczepie z tego samego gatunku, *Mucor flavus* KKP 2092p, były również prowadzone przez zespoły naukowe ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego i Uniwersytetu Warszawskiego w ramach projektu TANGO-IV-C/0005/2019-00 ufundowanego przez Narodowe

Centrum Badań i Rozwoju. Efektem projektu jest patent P.443722 dotyczący zastosowania szczepu grzyba *Mucor flavus* KKP 2092p do sezonowania wołowiny na sucho oraz opracowanie biopreparatu do sezonowania wołowiny na sucho (UPRP 2024; rys. 1). Wyniki prowadzonych badań wykazały, że *Mucor flavus* KKP 2092p w trakcie procesu

sezonowania wpływa istotnie na proteolizę białek mięśniowych, zmniejsza twardość mięsa ocenianą instrumentalnie i poprawia jakość sensoryczną (zapach, miękkość, soczystość, akceptowalność). Co istotne, szczep ten jest bezpieczny dla człowieka. Wykazano, że w jego genomie nie występują sekwencje genetyczne związane z syntezą toksyn, jak również nie stwierdzono wydzielania toksyn podczas wzrostu na mięsie i warunkach *in vitro*. Wzrost strzępek opisanego szczepu wpływa na ukształtowanie dość stabilnego składu taksonomicznego mikrobiomu występującego na powierzchni dojrzewającej wołowiny [20, 21]). *Mucor flavus* KKP 2092p poprzez stały wzrost na mięsie przez 21–28 dni staje się mikroorganizmem dominującym,

Dojrzewanie mięsa na sucho może stać się podstawą opracowywania nowych technologii, opierających się na bioinżynierii i wykorzystujących naturalne produkty, np. grzyby, szczególnie te mikroskopowe.

Wzrost strzępek opisanego szczepu wpływa na ukształtowanie dość stabilnego składu taksonomicznego mikrobiomu występującego na powierzchni dojrzewającej wołowiny [20, 21]). *Mucor flavus* KKP 2092p poprzez stały wzrost na mięsie przez 21–28 dni staje się mikroorganizmem dominującym,

Od 75 lat
poszerzamy
Twoje
horyzonty



wchodzącym najprawdopodobniej w określone interakcje (nie- i antagonistyczne), szczególnie z bakteriami. Wpływa to na różnorodność bakteriomu (kompozycja gatunkowa bakterii) czy mykobiomu (kompozycja gatunkowa innych grzybów, np. drożdży). Pomimo tendencji do kształtowania stabilnej mikrobioty na powierzchni mięsa, szczep ten nie ograniczał wzrostu patogennych mikroorganizmów, m.in. *Listeria monocytogenes*, psychrofilnej niebezpiecznej dla człowieka i zwierząt bakterii, której obecność jest całkowicie niedopuszczalna w produktach spożywczych, w przeciwieństwie np. do bakterii z rodzaju *Enterobacteriaceae*, w których przypadku opracowano normy dopuszczalności niedużej liczby tych mikroorganizmów na mięsie. W opisywanym badaniu wykazano również, że profil lotnych związków występujących w próbkach mięsa sezonowanych z udziałem szczepu *Mucor flavus* KKP 2092p charakteryzuje się obecnością kilku związków, których nie stwierdzono w mięsie bez strzępek, np. 1-tetradekanol, 2-nonenal, kwas trans-2 undecenowy oraz następujące estry: kwas mrówkowy, ester heksylowy, kwas 10-undecenowy, ester metylowy, kwas 4-metylopentanowy i ester metylowy. Wymienione związki są charakterystyczne dla mięsa o wysokiej jakości wysezonowania. Mogą one w związku z tym stanowić panel swoistych markerów „aromatycznych” do profilowania DAB, który kształtuje także unikalny smak i zapach produktu mięsnego. Badania wykazały również, że biostarter *Mucor flavus* miał wpływ na profil kwasów tłuszczowych w mięsie po dojrzewaniu. Biostarter spowodował większy udział nasyconych i jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Ponadto biostarter wpłynął pozytywnie na poprawę stosunku kwasów tłuszczowych n-6/n-3. Zaobserwowano także, że utlenianie lipidów wyrażone w mg/kg aldehydu malonowego było mniejsze w próbkach dojrzewających z udziałem biostartera *Mucor flavus* niż w próbkach kontrolnych [8]. Dalsze badania dotyczyły oceny stopnia proteolizy białek oraz oddziaływania biostartera na agregację i procesy oksydacji białek. Wyniki tych badań potwierdziły, że w wołowinie dojrzewającej z udziałem biostartera *Mucor flavus* można było zaobserwować wyższy stopień degradacji wybranych białek miofibrylarnych. Literatura naukowa wskazuje, że daleko posunięta proteoliza oraz procesy oksydacji białek mogłyby zmieniać stabilność i konformację białek mięśniowych, a tym samym ich funkcjonalność oraz wartość odżywczą mięsa.

Badania przeprowadzone w oparciu o elektroforezę i rozdziały białek o wysokiej masie cząsteczkowej oraz na podstawie opracowanej stosunkowo niedawno metody nanoDSF, tj. łatwej, szybkiej i dokładnej analizy stabilności i agregacji białek opartej o zaawansowaną technologię różnicowej fluorometrii skaningowej [9], nie wykazały jakichkolwiek negatywnych zmian w odniesieniu do wartości odżywczej mięsa. Potwierdzono więc wysoką przydatność biostartera *Mucor flavus* do dojrzewania mięsa [22]. W badaniach wykazano

jeszcze jedną zaletę zastosowania biostartera *M. flavus* w dojrzewaniu wołowiny na sucho. Wyniki badań wykazały, że jego zastosowanie umożliwiło skrócenie czasu dojrzewania do 21 dni. Wołowina dojrzewająca przez taki okres czasu na sucho z udziałem biostartera *Mucor flavus* była bardziej krucha w ocenie instrumentalnej (siła cięcia była istotnie niższa) oraz wykazywała się wyższą pożądalnością ogólną w ocenie sensorycznej w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Mięso było bardziej soczyste, gdyż ubytki podczas dojrzewania były mniejsze. Zgodnie z wcześniejszymi wynikami badań skrócenie czasu dojrzewania obniżyło koszty związane z zaangażowaniem sprzętu do dojrzewania (z 4 do 3 tygodni) oraz zmniejszyło straty o około 2–5% [25].

PODSUMOWANIE

Sezonowanie wołowiny na sucho to nie tylko metoda przedłużania trwałości mięsa wynikająca z tradycji i znana od tysiącleci. W erze foodomiki (ang. foodomics), nauki zajmującej się wykorzystaniem najnowszych technik biologii molekularnej w przemyśle spożywczym, dojrzewanie mięsa na sucho może stać się podstawą opracowywania nowych technologii, opierających się na bioinżynierii i wykorzystujących naturalne produkty, np. grzyby, szczególnie te mikroskopowe. Warto tutaj podkreślić, że zastosowanie grzybów w różnych gałęziach przemysłu jest coraz częstsze przy jednoczesnym wzroście świadomości społeczeństwa, co szczególnie dotyczy szczepów leczniczych (np. grzybów z rodzaju *Cordyceps*). Na rynku pojawiają się nowe produkty, np. kawa rozpuszczalna wzbogacana grzybnią *Cordyceps*, która ma mieć właściwości immunostymulujące.

Oferta sezonowanych produktów wołowych pozbawionych sztucznych substancji (np. konserwantów), posiadających unikalny smak i aromat, jednocześnie bezpiecznych mikrobiologicznie, może stanowić realną alternatywę dla obecnie najpowszechniejszej metody sezonowania na mokro, która jednak nie oferuje mięsa o tak szczególnych właściwościach jak opisano wyżej. Popularność tej ostatniej wynika przede wszystkim z łatwości zabezpieczenia mięsa mikrobiologicznie (worek próżniowy) oraz stosunkowo niedużego nakładu kosztów, co sprzyja sprzedaży mięsa w niższej cenie, a co za tym idzie utrzymywaniu się grona stałych odbiorców. Biorąc jednak pod uwagę fakt ograniczania śladu węglowego i polityki spożywania mniejszej ilości mięsa, wołowina sezonowana na sucho, mimo nieco wyższych kosztów produkcji, może zyskiwać z roku na rok coraz większą popularność wśród przetwórców i konsumentów.

Uwaga! Liczący 28 pozycji wykaz literatury prześlemy zainteresowanym Czytelnikom. (red.)

Pracę wykonano w ramach projektu sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, projekt TANGO-IV-C/0005/2019-00.