Metody dojrzewania mięsa wołowego w aspekcie bezpieczeństwa zdrowotnego¹⁾

PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK*

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 31.10.2018

Zaakceptowano 05.02.2019

Domaradzki P., Florek M., Litwińczuk Z.

Methods of beef ageing from the health safety standpoint

Summary

Beef ageing is a technique used by meat technologists, retailers, and restaurateurs to intensify flavor and improve tenderness due to the natural enzymatic processes occurring in meat postmortem. There is a widespread consensus that meat should age to achieve desirable palatability and tenderness. However, taking into account obvious advantages and disadvantages it is questionable which technique of meat ageing is to be selected. The paper presents two techniques of beef ageing (dry and wet) and their effect on the final sensory quality of meat, weight losses, and microbiological status. On the one hand, dry ageing primarily augments the flavor of meat. On the other hand, wet ageing notably increases the meat tenderness. Unfortunately, dry ageing of unpacked beef (or beef cuts) is a process which requires specific temperatures, relative humidity, airflow, and high standards of hygienic conditions. In contrast, wet ageing of meat in a vacuum bag does not require such circumstances (with the exception of temperature). Moreover, wet ageing can further amplify the effect of dry ageing, thus creating an additional benefit. The main advantages of this combination are the constrained weight loss of beef and a substantial reduction in the risk of contamination. Although the dry beef ageing process is extremely time-consuming, requires particular attention and professional knowledge, it turns out that a narrow group of consumers is prepared to pay a premium for the properly manufactured final product that stands out in terms of a unique taste profile. Furthermore, such a product is nutritious and completely safe from the health point of view (the lack of pathogenic microorganisms and mycotoxins as well as relatively low level of biogenic amines) when good hygienic and manufacturing practices (temperature, humidity, air-flow, careful treatment) are respected.

Keywords: beef, wet ageing, dry ageing, food safety, health hazards

Współcześni konsumenci mięsa oczekują produktu nie tylko bezpiecznego, zawierającego składniki funkcjonalne i bioaktywne, ale również dostarczającego pożądanego wrażenia sensorycznego (44). Wielu autorów (29, 30, 36, 37) wskazuje, że konsumenci są gotowi zapłacić więcej za produkt o gwarantowanej wysokiej jakości konsumpcyjnej i przydatności kulinarnej. Jakkolwiek wołowina w tym zakresie jest powszechnie cenionym surowcem to, w celu uzyskania wysokiej wartości kulinarnej wymaga dodatkowych zabiegów. Jedną z najpowszechniej stosowanych praktyk jest odpowiednio długie przechowywanie mięsa w warunkach umożliwiających właściwy przebieg przemian poubojowych w tkance mięśniowej.

¹⁾ Pracę zrealizowano w ramach projektu BIOSTRATEG „Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” (BIOSTRATEG2/297267/2/NCBR/2016).

Tuż po uboju w mięsie zachodzi szereg złożonych przemian biochemicznych i fizykochemicznych związanych z degradacją węglowodanów, nukleotydów, białek i lipidów, prowadzących do wykształcenia cech typowych dla mięsa kulinarnego. Wszystkie te zmiany w literaturze określane są mianem dojrzewania lub przemian dojrzewalnych (ageing or aging). Natomiast przez gastronomów i niektórych producentów mięsa proces ten zwykle nazywany jest sezonowaniem. Należy jednak podkreślić, że w przedmiotowej literaturze anglojęzycznej termin „seasoning” czy „seasoned” oznacza przyprawy lub przyprawiony i odnosi się do mięsa z dodatkiem przypraw, które poprawiają walory smakowo-zapachowe i zwiększają akceptowalność potrawy/produktu (46), dlatego też w dalszej części artykułu w celu uniknięcia niejasności stosowany będzie termin „dojrzewanie” – wskazujący na zachodzący w mięsie naturalny proces, bez użycia jakichkolwiek substancji dodatkowych.

Metody dojrzewania wołowiny

Generalnie w przemyśle mięsnym wyróżnia się dwa sposoby dojrzewania, tj. suche (synonim „dojrzewanie na sucho”, dry ageing) oraz mokre („dojrzewanie na mokro”, wet ageing, vacuum ageing) (6). Dojrzewanie suche (bez opakowania ochronnego) odbywa się poprzez umieszczenie tusz wołowych, ćwierćtuszy lub nieopakowanych elementów zasadniczych w chłodniach na kilka tygodni lub nawet miesięcy w kontrolowanych warunkach atmosferycznych, tzn.: monitorowanej temperaturze, wilgotności względnej i prędkości przepływu powietrza. W efekcie końcowym uzyskuje się produkty definiowane jako „dry aged beef” stanowiące heterogenną grupę pozyskaną z mięsa wołowego dojrzewającego na sucho, różniące się jednak znacząco przede wszystkim warunkami dojrzewania, jak i sposobem dystrybucji na rynku (3). Dojrzewanie mokre polega natomiast na zapakowaniu próżniowym kawałków mięsa lub steków w folię o właściwościach barierowych, a następnie umieszczeniu ich w chłodni zwykle na okres od 7 do 28 dni. W tym przypadku poza czasem dojrzewania, najważniejszym parametrem jest temperatura, zaś wilgotność czy prędkość przepływu powietrza zasadniczo nie odgrywają żadnej roli (18, 45). Wpływ procesu dojrzewania (zwłaszcza prowadzonego metodą mokrą) na wyróżniki jakościowe mięsa oraz zagadnienia związane z pakowaniem próżniowym wołowiny zostały szczegółowo omówione w pracy Domaradzkiego i wsp. (9). Z kolei problematykę poubojowej tenderyzacji mięsa zawiera artykuł Florka i wsp. (12).

Zabieg dojrzewania wołowiny praktykowany jest już od kilku stuleci, natomiast w warunkach chłodniczych ponad 100 lat (31). W przypadku dojrzewania suchego proces ten ma zawsze charakter zamierzony (celowy), natomiast dojrzewanie mokre często prowadzone jest w trakcie dystrybucji mięsa i jego ekspozycji w ladzie

chłodniczej. Generalnie obie techniki prowadzą do poprawy cech sensorycznych mięsa (kruchości, soczystości, smakowitości), przy czym wzrost kruchości mięsa w trakcie poubojowego dojrzewania surowca uważany jest za najważniejsze kryterium jakościowe (5, 6, 8, 40). Należy podkreślić, że celem dojrzewania suchego nie jest wyłącznie zwiększenie kruchości mięsa, ale przede wszystkim uzyskanie unikatowego profilu smakowo-zapachowego (38).

Proces dojrzewania mokrego wykorzystywany jest powszechnie przy produkcji kulinarnej wołowiny, jak również jagnięciny (1, 13) czy dziczyzny (28, 35). Dojrzewanie metodą suchą zasadniczo zarezerwowane jest dla wołowiny (21), aczkolwiek ta technika jest również wykorzystywana do zwiększenia atrakcyjności mięsa wieprzowego (20), jagnięcego i baraniego (http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT_TECHNOLOGY_UPDATE_10-2.pdf. Dostęp: 15.07.2018). Producenci urządzeń do dojrzewania mięsa sugerują, że do tego celu wykorzystane może być mięso innych gatunków, np. dziczyzna (<http://dry-ager.pl/#technologia>. Dostęp: 20.08.2018).

Dojrzewanie suche mięsa najczęściej praktykowane jest przez małych i średnich przetwórców szukających sposobów na odróżnienie swoich produktów od masowo produkowanej żywności (42). Wołowina taka dostępna jest w dobrych restauracjach, hotelach oraz restauracjach specjalizujących się w serwowaniu mięsa (tzw. steakhouses) często prowadzących ten typ dojrzewania na własne potrzeby. Sprzedawana jest również w ekskluzywnych delikatesach oraz specjalistycznych sklepach internetowych (42, 43). Pomimo iż dojrzewanie wołowiny na sucho praktykowane jest od dziesięcioleci, to optymalne warunki procesu mające na celu zapewnienie niezmiennie wysokiej jakości produktu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Jakkolwiek niektórzy autorzy (39) uważają, iż proces ten jest bardziej sztuką niż nauką, to praktycy

prowadzący ten typ dojrzewania mięsa są szczególnie zainteresowani opracowaniem wytycznych gwarantujących uzyskanie wysokojakościowego oraz bezpiecznego produktu (7). Podstawowymi parametrami środowiskowymi, które należy uwzględnić przy opracowywaniu wytycznych są: czas, temperatura przechowywania, wilgotność względna i obieg powietrza (ryc. 1). Są one istotne, bowiem z nimi związany jest rozwój cech smakowo-zapachowych, trwałość, ilość ubytków, jakość mikrobiologiczna i inne problemy związane z jakością i aspektami ekonomicznymi procesu.

Obecnie około 95% produktów z wołowiny poddawanych jest procesowi dojrzewania, przy czym dominującą techniką w produkcji wołowiny kulinarnej (stanowiącą ponad 90%) jest dojrzewanie mokre

Ryc. 1. Najważniejsze parametry dojrzewania suchego mięsa (opracowanie własne na podstawie Internet: https://www.nordcap.de/fileadmin/redakteur/Images_Downloads/00_Homepage_Bilddaten/Kataloge/NordCap_dry_aged_guide.pdf. Dostęp: 15.08.2018)

Tab. 1. Najważniejsze wyróżniki jakościowe mięsa dojrzewającego metodą moką i suchą (opracowanie własne)

Wyróżnik	Dojrzewanie mokre	Dojrzewanie suche
Kruchość	wzrost	wzrost
Smak i aromat	zasadniczo bez zmian	wyjątkowy, określany jako smak „dojrzewającego na sucho mięsa” z charakterystycznymi nutami, tj. wołową, orzechową, maślaną, pieczoną
Wydajność produktu	minimalne ubytki maksymalnie do 6%	ubytki do 40% pierwotnej masy surowca – związane z utratą wilgoci oraz przycinaniem suchych i odbarwionych tkanek, tzw. skórki
Koszty	zwiększone – związane z czasem chłodniczego przechowywania	znacznie zwiększone – związane z czasem przechowywania, niską wydajnością produktu oraz koniecznością zakupu szaf dojrzewalniczych
Sposób przeprowadzania procesu	w workach z folii o dużej barierowości z wykorzystaniem techniki pakowania próżniowego; najczęściej elementy odkostnione	w powietrzu w kontrolowanych warunkach, bez opakowania ochronnego; najczęściej elementy z kością

(7, 39). Kluczowe różnice między dojrzewaniem mokrym i suchym przedstawiono w tabeli 1. Główne zalety tej techniki w porównaniu do dojrzewania na sucho, to przede wszystkim: znaczące ograniczenie strat masy produktu (brak utarty wody oraz strat związanych z usuwaniem powierzchniowej, wysuszonej warstwy mięsa), wydłużony okres przydatności do spożycia przy relatywnie dobrze zachowanych cechach smakowo-zapachowych mięsa, wymagana mniejsza powierzchnia dojrzewalnicza, niższe koszty (mniejsza pracochłonność oraz możliwość automatyzacji procesu) (22).

Najważniejszą zaletą mięsa dojrzewającego na sucho jest jego unikatowy profil smakowo-zapachowy. Utrata wilgoci w trakcie trwania procesu ma kluczowe znaczenie dla koncentracji wielu związków odpowiedzialnych za smakowość. Z punktu widzenia cech organoleptycznych utrata wody jest zatem pozytywna, jednakże ubytki skutkują obniżeniem wydajności gotowego do sprzedaży produktu, co sprawia, że strata ta musi zostać zrekomensowana końcową ceną steków. Wykazano, że cena wołowiny dojrzewającej na sucho w celu rekompensaty strat poniesionych na etapie procesu powinna być wyższa (przy zachowaniu porównywalnej wartości sprzedaży netto i marży) 16-20% w porównaniu do wołowiny pakowanej próżniowo (25, 42). Cenę podnoszą dodatkowo koszty związane z koniecznością utrzymania wysoce kontrolowanego środowiska procesu (39). Na relatywnie niską wydajność produktu wpływa zarówno kurczenie się surowca (związane z utratą wody), jak i konieczność przycinania przed finalną sprzedażą przebarwionych i/lub odwodnionych tkanek mięśniowej i tłuszczowej (tzw. ususzki). Generalnie tusze po wychłodzeniu (48 h *post mortem*) tracą 1-2% pierwotnej masy, głównie z powodu utraty wody. Na ubytki te wpływ może mieć stopień odtuszczenia tuszy (im wyższy, tym mniejsze straty), jak również temperatura i wilgotność w chłodni. Wykazano, że w trakcie 14-dniowego dojrzewania suchego, masa tusz zmniejszyła się przeciętnie 4-6%

Tab. 2. Wydajność handlowa (%) różnych elementów tuszy wołowej poddawanych dojrzewaniu suchemu i mokremu

Element	Dojrzewanie suche (dni)				Dojrzewanie mokre (dni)				Źródło
	14	21	28	35	14	21	28	35	
Antrykot	72,2	69,3	64,3	63,5	88,4	88,4	86,9	88,1	(23)
Rostbef	61,4	56,5	51,6	52,0	81,9	82,5	75,9	78,6	
Rostbef	76,5	72,1	71,6	69,8	87,7	85,3	86,6	87,1	(42)
Antrykot	–	–	–	47,69	–	–	–	74,44	(41)
Krzyżowa	–	–	–	54,78	–	–	–	73,64	
Rostbef + Antrykot	–	–	56,9	–	–	–	66,6	–	(4)
Rostbef	–	46,7	–	–	–	55,1	–	–	(21)

w stosunku do ich początkowej masy (24). W tabeli 2 przedstawiono wydajność handlową wybranych elementów tuszy wołowej w zależności od metody dojrzewania. Wykazano, że wydajność handlowa elementów poddawanych dojrzewaniu suchemu zawiera się w przedziale od 46,7% do 76,5% i jest zdecydowanie niższa niż elementów dojrzewających sposobem mokrym (55,1-88,4%). Generalnie wraz z wydłużeniem okresu dojrzewania suchego wydajność handlowa spada, osiągając najniższe wartości w 35. dniu przechowywania. W przypadku dojrzewania mokrego (niezależnie od okresu) utrzymuje się zasadniczo na niezmiennym poziomie. Według badań amerykańskich wydajność handlowa elementów dojrzewających sposobem suchym zależy od ich rodzaju (antrykot z kością > rostbef z kością > krzyżowa bez kości) (23) oraz klasy jakościowej (USDA Choice zazwyczaj mniejsza niż USDA Select) (23, 42).

Status mikrobiologiczny wołowiny dojrzewającej na mokro i sucho

Temperatura przechowywania jest kluczowym parametrem procesu dojrzewania, decyduje o aktywności enzymów endogennych i wzroście mikroorganizmów. Optymalna temperatura dojrzewania wołowiny na sucho wynosi 0-4°C i zasadniczo zakres ten jest również odpowiedni dla dojrzewania mokrego (2, 6, 8, 21, 33, 38, 42, 45). Podwyższona temperatura przechowywania z jednej strony intensyfikuje procesy enzymatyczne i poprawia właściwości sensoryczne produktu, z drugiej strony sprzyja szybszemu wzrostowi bakterii

i grzybów, w efekcie którego mogą pojawiać się niepożądane odchylenia smaku i zapachu. W celu kontrolowania wzrostu mikroorganizmów korzystne jest zatem przechowywanie mięsa w możliwie jak najniższej temperaturze ($-0,5-1^{\circ}\text{C}$) (34), nie dopuszczając jednak do jego zamrożenia. Generalnie, im proces dojrzewania jest dłuższy, tym należy stosować niższą temperaturę. Zaletą stosowania niskich temperatur jest również fakt, iż większość bakterii chorobotwórczych do wzrostu i/lub produkcji toksyn wymaga temperatur powyżej 4°C .

W procesie dojrzewania mięsa na sucho istotnym parametrem jest wilgotność względna powietrza. Przy wysokiej wilgotności para wodna może ulegać kondensacji na powierzchni mięsa, co wpływa na wysoką aktywność wody (a_w) i sprzyja rozwojowi bakterii oraz grzybów odpowiedzialnych za psucie się surowca. Jeżeli wilgotność jest zbyt niska, ograniczony zostaje rozwój mikroorganizmów, ale warunki te sprzyjają większej ususzcze i utracie masy surowca w wyniku zwiększonego parowania, co stanowi duży problem natury ekonomicznej (39).

Wykazano istotny wpływ zarówno metody (suche vs. mokre), jak i czasu dojrzewania (8 vs. 19 dni) na status mikrobiologiczny mięsa wołowego (26) (tab. 3). Na powierzchni podskórnej tkanki tłuszczowej, jak i powierzchni tkanki mięśniowej elementów dojrzewających na sucho stwierdzono większą ogólną liczbę bakterii (OLB) i drożdży w 8. i 19. dniu dojrzewania. Taką zależność obserwowano również na tkance mięśniowej w przypadku bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Przykładowo na powierzchni mięsa po 19 dniach dojrzewania suchego poziom OLB, *Enterobacteriaceae*, bakterii kwasu mlekowego (LAB), drożdży i pleśni wynosił odpowiednio 8,75; 5,35; 3,20; 5,68 i 0,72 log jtk/g (26). Z kolei Ahnström i wsp. (2) oraz Campbell i wsp. (6) stwierdzili niższą ogólną liczbę bakterii w 21. dniu dojrzewania suchego w porównaniu do poziomu w 14. dniu (odpowiednio, 4,3 oraz 3,3 log jtk/cm² w 21. dniu vs. 5,1 oraz 3,9 log jtk/cm² w 14. dniu). Efekt ten mógł być związany z powierzchniowym wysuszeniem powierzchni mięsa w trakcie dojrzewania i niższą aktywnością wody, którą z kolei lepiej tolerują drożdże. Generalnie mniejsza liczba bakterii kwasu mlekowego występowała na powierzchni tłuszczu podskórnego i tkanki mięśniowej (w 19. dniu) w warunkach dojrzewania suchego (tab. 3). Zdaniem Parrish i wsp. (33) jest to związane z anaerobiotycznymi warunkami występującymi w opakowaniach próżniowych, które warunkują dominującą pozycję tego typu bakterii, w porównaniu do mięsa wystawionego na warunki aerobiotyczne (2). Również Huis in't Veld (17)

Tab. 3. Mikroflora mięśnia *longissimus lumborum* bydła (log jtk/cm²) w zależności od metody i czasu dojrzewania (26)

Wyszczególnienie	Dzień	Tłuszcz podskórny		Tkanka mięśniowa	
		metoda dojrzewania			
		suche	mokre	suche	mokre
Ogólna liczba bakterii	0	2,87		2,57	
	8	5,22 ^{b*}	4,44 ^{a*}	6,39 ^{y*}	3,28 ^{x*}
	19	6,91 ^{b*}	5,76 ^{a*}	8,75 ^{y*}	5,87 ^{x*}
<i>Enterobacteriaceae</i>	0	0,29		< 0,01	
	8	0,78	1,71	2,09 ^{y*}	0,24 ^{x*}
	19	2,10	2,82	5,35 ^{y*}	1,20 ^{x*}
Bakterie kw. mlekowego	0	0,11		< 0,01	
	8	0,98 ^{a*}	2,61 ^{b*}	2,77	2,27 [*]
	19	2,25 ^{a*}	4,13 ^{b*}	3,20	5,34 [*]
Drożdże	0	1,29		0,86	
	8	2,54 ^{b*}	1,11 ^a	3,69 ^{b*}	0,37 ^a
	19	4,24 ^{b*}	0,67 ^a	5,68 ^{b*}	0,51 ^a
Pleśnie	0	0,41		0,11	
	8	0,16	0,21	0,01 [*]	0,24
	19	0,31	0,01	0,72 [*]	0,01

Objaśnienie: średnie oznaczone w wierszach a, b (powierzchnia tłuszczu podskórnego) lub x, y (powierzchnia tkanki mięśniowej) różnią się istotnie ($P < 0,01$) pomiędzy metodą dojrzewania; średnie oznaczone w kolumnach * różnią się istotnie ($P < 0,01$) pomiędzy dniem dojrzewania; wynik $< \log 1,0$ podano jako 0,01

wykazał wolniejszy wzrost bakterii kwasu mlekowego w warunkach tlenowych i ich częściowe wypieranie przez *Pseudomonas* spp. Stwierdzona zależność może tym samym wyjaśniać wyższą ogólną liczbę bakterii i niższą liczbę bakterii kwasu mlekowego w mięsie wołowym poddanym dojrzewaniu suchemu w porównaniu do wołowiny dojrzewającej na mokro.

Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1441/2007 (Dz.U. UE L 322, str. 12 z 7.12.2007 r.) w odniesieniu do kryteriów higieny procesu dla tusz wołowych (po wytrzewieniu, ale przed schłodzeniem) stanowi, że dopuszczalne limity dla liczby bakterii tlenowych muszą mieścić się w zakresie od 3,5 log jtk/cm² (jakość zadowalająca) do 5,0 log jtk/cm² (jakość dopuszczalna), zaś dla *Enterobacteriaceae*, odpowiednio, od 1,5 log jtk/cm² do 2,5 log jtk/cm². Przed sprzedażą wołowiny dojrzewającej na sucho zachodzi konieczność usuwania powierzchniowej, wysuszonej warstwy tkanki mięśniowej (ususzki), pomimo tego zabiegu okres przechowywania takiego produktu wynosi zaledwie 2-3 dni. Źródła australijskie (<https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/aging-of-beef>, Dostęp: 19.01.2019) podają, iż ze zdrowotnego punktu widzenia krytyczne limity dla wołowiny pozbawionej ususzki wynoszą w przypadku *Enterobacteriaceae* 1000 jtk/g, natomiast *E. coli* 10 jtk/g. Hulánková i wsp. (18) nie stwierdzili występowania *Listeria* spp. i *Brochothrix thermosphacta* na wołowinie dojrzewającej na sucho. Ponadto liczba *Pseudomonas* spp., bakterii z rodziny

Enterobacteriaceae i jej rodzajów (w tym *E. coli*) była poniżej limitów oznaczalności zarówno dla mięsa świeżego, jak i poddanego dojrzewaniu. We wcześniejszych badaniach Li i wsp. (27) stwierdzili, że jakkolwiek wartość niektórych parametrów mikrobiologicznych, w tym przede wszystkim OLB, były wyższe na próbach dojrzewających na sucho w porównaniu z dojrzewającymi na mokro, to biorąc pod uwagę zarówno zapach, jak i umiarkowany wzrost mikroflory, wszystkie próby spełniały wymagania w zakresie bezpieczeństwa żywności. Odchylenia zapachu, będące wynikiem zaawansowanego procesu rozkładu mięsa, pojawiają się przy ogólnej liczbie bakterii na poziomie $7 \log \text{ jtk/cm}^2$ lub g, chociaż pewne negatywne zmiany mogą być obserwowane znacznie wcześniej, gdy liczba bakterii waha się od $5 \log \text{ jtk}$ do $6 \log \text{ jtk/cm}^2$ (g) (11).

Bezpieczeństwo zdrowotne wołowiny dojrzewającej na sucho

Ryu i wsp. (38) wykazali w trakcie pierwszych 25 dni dojrzewania wołowiny na sucho znaczący wzrost OLB, LAB, ogólnej liczby drożdży i pleśni do ok. $4 \log \text{ jtk/g}$ dla każdej z grup, natomiast w kolejnym okresie (do 60. dnia) powolny wzrost do $6 \log \text{ jtk/g}$. Bartholomä i wsp. (3) badając 9 produktów z wołowiny dojrzewającej na sucho pochodzących od 5 niemieckich producentów nie wykazali obecności w żadnej próbce takich drobnoustrojów chorobotwórczych, jak *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* lub *Escherichia coli* (szczep werotoksyczny). Podobnie Gowda i wsp. (15) oraz Ryu i wsp. (38) w trakcie całego okresu dojrzewania wołowiny nie wykazali obecności mikroorganizmów patogennych. Co więcej, niektórzy autorzy (19) sugerują, że dojrzewanie mięsa na sucho może być skutecznym sposobem minimalizacji ryzyka rozwoju populacji *E. coli* i *E. coli* O157:H7. Wysoką liczbę bakterii *Pseudomonas* ($3,5 \times 10^6 \text{ jtk/g}$) i *Enterobacteriaceae* ($1,4 \times 10^6 \text{ jtk/g}$) wykazano w wołowinie dojrzewającej przez 31 tygodni (3). Dodatkowo w tym mięsie, jako efekt aktywności proteolitycznej ww. grup drobnoustrojów, wykryto kadawerynę, przy czym jej stężenie (120 mg/kg) było bezpieczne dla konsumentów z toksykologicznego punktu widzenia. W innych próbkach stwierdzono obecność (w różnych stężeniach) takich amin biogennych, jak: putrescyna, kadaweryna czy tyramina, nieobecna była natomiast histamina. Autorzy (3) podkreślają jednak utrudnioną ocenę toksykologiczną amin biogennych z uwagi na wysoce zmienną indywidualną wrażliwość, wpływ matrycy, jak również brak danych dotyczących zależności dawka–odpowiedź. W ramach jakościowej oceny ryzyka w zakresie bezpieczeństwa żywności jako najbardziej toksyczne aminy biogenne uznawane są tyramina i histamina (10).

W badaniach belgijskich (15) obejmujących 25 próbek tkanki mięśniowej i podskórnej tkanki tłuszczowej dojrzewających na sucho i pozyskanych od 15 producentów, wykazano również dużą liczbę *Pseudomonas*

(mediana $> 4,7 \log \text{ jtk/cm}^2$), bakterii kwasu mlekowego (mediana $> 3,7 \log \text{ jtk/cm}^2$) i drożdży (mediana $> 4,0 \log \text{ jtk/cm}^2$). Ponadto, więcej niż połowa próbek wykazywała obecność pleśni ($> 1 \log \text{ jtk/cm}^2$), których jednak nie zidentyfikowano. Ze względu na zdolność grzybów strzępkowych do wytwarzania wtórnych metabolitów, tj. mykotoksyn, mogą być one potencjalnym zagrożeniem zdrowotnym, które należy uwzględnić w ocenie ryzyka w przypadku mięsa poddanego dojrzewaniu na sucho. Jednak pleśnie nie przejawiają potencjalnych właściwości toksykologicznych w zakresie temperatury $-0,5-3,0^\circ\text{C}$. Ponadto przy zmniejszonej wilgotności względnej, jak również późniejszej redukcji dostępnej na powierzchni mięsa wody (niska a_w) zdolność pleśni do wytwarzania mykotoksyn staje się jeszcze mniej prawdopodobna (32). Ryu i wsp. (38) stwierdzili występowanie w wołowinie dojrzewającej na sucho potencjalnie szkodliwych drożdży i pleśni (*Candida* sp., *Cladosporium* sp., *Rhodotorula glutinis* i *Rhodotorula mucilaginosa*), ale jedynie w początkowym okresie, tzn. do 25. dnia. Szczepy te nie były natomiast izolowane z mięsa w późniejszym okresie dojrzewania, tj. aż do 60. dnia. Zdaniem Oliviera (32) nie ma dowodów na to, że typowe pleśnie obecne w mięsie czerwonym (zarówno dojrzewającym na mokro jak i sucho) są w stanie wytwarzać toksyny. Tym samym produkty takie należy uznać za bezpieczne dla zdrowia ludzi. W badaniach Bartholomä i wsp. (3) w próbach mięsa wołowego dojrzewającego na sucho przez różny czas (od 4 do 31 tygodni), zawartość aflatoksyn: B1, B2, G1 i G2 oraz ochratoksyny A była poniżej granicy wykrywalności ($\text{LOD} < 0,005 \mu\text{g/kg}$ dla aflatoksyn i $< 0,04 \mu\text{g/kg}$ dla ochratoksyny A).

Dla elementów wołowych dojrzewających na sucho najbardziej pożądana jest pleśń *Thamnidium* spp., która zwykle pojawia się na tkance tłuszczowej w 3. tygodniu dojrzewania w postaci białoszarych plastrów („wąsów”). Przyjmuje się, iż pleśnie z tego rodzaju uwalniając proteazy kolagenolityczne, doprowadzają do rozkładu tkanki mięśniowej i łącznej, w efekcie przyczyniają się do poprawy kruchości i smakowości produktu (<https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/aging-of-beef>). Dostęp: 19.01.2019). Według ww. standardów australijskich w mięsie poddanym dojrzewaniu na sucho dopuszcza się tylko obecność pleśni *Thamnidium* spp., nie jest akceptowana natomiast obecność grzybów z innych rodzajów.

Stosowany współcześnie proces dojrzewania wołowiny na sucho (oparty na tradycyjnych praktykach) jest dobrze poznany i zasadniczo nie podlega modyfikacjom. Istnieją jednak pewne alternatywne rozwiązania, poprawiające wydajność i jakość finalnego produktu. Do takich innowacyjnych sposobów zalicza się: wykorzystanie biopolimerów (mikrowłókien chitozanych) lub worków o wysokiej przepuszczalności dla pary wodnej (16), dezynfekcję powietrza w komorach chłodniczych za pomocą promieniowania ultrafiole-

towego (7, 38) lub zimnej plazmy (14), jak również stosowanie w urządzeniach do dojrzewania bloków soli (ścian solnych) (14).

Wołowina dojrzewająca na sucho z uwagi na specyficzny proces produkcyjny i charakterystyczne właściwości sensoryczne postrzegana jest przez konsumentów jako produkt ekskluzywny, tym samym droższy, aczkolwiek, aby nabywcy mogli dokonać właściwego wyboru, jak również mieli możliwość odróżnienia wołowiny poddanej różnym metodom dojrzewania, niezbędne jest odpowiednie oznakowanie produktu (43). Niektórzy autorzy (3) wskazują ponadto na konieczność dostosowania obowiązującego ustawodawstwa wspólnotowego w zakresie klasyfikacji produktów definiowanych jako „świeże mięso” lub „wyroby mięsne”. Zdaniem cytowanych autorów sprzedawanie wołowiny krótko dojrzewającej lub wołowiny dojrzewającej na mokro jako wołowiny dojrzewającej na sucho należy uznać za oszustwo.

W ostatnim okresie w wielu krajach wzrosło zainteresowanie procesem dojrzewania mięsa wołowego na sucho. Jest to spowodowane poszukiwaniem przez podmioty branży Horeca (hotele, restauracje, gastronomia) sposobów na odróżnienie swoich produktów od mięsa produkowanego w sposób konwencjonalny. Warto podkreślić, że na polskim rynku mięsa wołowego do dojrzewania sposobem suchym kierowana jest znikoma ilość surowca. Jest to spowodowane m.in. wyższymi kosztami i większymi stratami mięsa w porównaniu do innych konwencjonalnych metod przetwarzania czy dojrzewania mokrego. Ponadto proces ten jest bardzo czasochłonny i wymaga szczególnej uwagi oraz dużej wiedzy, jednakże prawidłowo uzyskany produkt wyróżnia się unikalnym profilem smakowo-zapachowym, poszukiwanym przez wąską grupę klientów, gotowych zapłacić za niego stosowną cenę. Należy również dodać, że taki produkt jest wartościowy pod względem odżywczym, a przy przestrzeganiu dobrych praktyk higienicznych i produkcyjnych (temperatura, wilgotność, obieg powietrza, właściwe i staranne przycinanie skórki) także całkowicie bezpiecznym ze zdrowotnego punktu widzenia. Istnieje również możliwość połączenia dojrzewania suchego i mokrego, w celu wykorzystania korzystnych efektów obu technik. Początkowo mięso dojrzewa na sucho, uzyskując przede wszystkim unikalny profil smakowy, a następnie przechowywane w opakowaniu próżniowym ulega dalszej tenderyzacji, przy zmniejszonych stratach masy i ograniczeniu ryzyka zanieczyszczenia mikrobiologicznego.

Piśmiennictwo

1. Abdullah A. Y., Qudsieh R. I.: Effect of slaughter weight and aging time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Sci.* 2009, 82, 309-316.
2. Ahnström M. L., Seyfert M., Hunt M. C., Johnson D. E.: Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Sci.* 2006, 73, 674-679.
3. Bartholomä A., Schering B., Horn D.: Lebensmittelrechtliche Bewertung von "Dry Aged Beef". *Fleischwirt.* 2013, 6, 104-109.
4. Berger J., Kim Y. H. B., Legako J. F., Martini S., Lee J., Ebner P. E., Zuelly S. M. S.: Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Sci.* 2018, 145, 285-291.
5. Brewer S., Novakowski J.: Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. *J. Food Sci.* 2008, 73, 78-82.
6. Campbell R. E., Hunt M. C., Levis P., Chambers E.: Dry-Aging Effects on Palatability of Beef Longissimus Muscle. *J. Food Sci.* 2001, 66, 196-199.
7. DeGeer S. L., Hunt M. C., Bratcher C. L., Crozier-Dodson B. A., Johnson D. E., Stika J. F.: Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Sci.* 2009, 83, 768-774.
8. Dikeman M. E., Obuz E., Gök V., Akkaya L., Stroda S.: Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef Longissimus lumborum steaks. *Meat Sci.* 2013, 94, 228-233.
9. Domaradzki P., Litwińczuk Z., Florek M., Litwińczuk A.: Zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa wołowego w zależności od warunków jego dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2016, 3, 35-53.
10. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ): Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented food. *EFSA J.* 2011, 9, 2393.
11. Feiner G.: *Meat products Handbook: Practical science and technology* (1st ed.). Woodhead Publishing, Cambridge 2006.
12. Florek M., Domaradzki P., Litwińczuk Z.: Teorie dotyczące naturalnych procesów kruszenia mięsa po uboju. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2016, 2, 34-48.
13. Florek M., Junkuszew A., Bojar W., Skalecki P., Gregula-Kania M., Litwińczuk A., Gruszecki T. M.: Effect of vacuum ageing on instrumental and sensory textural properties of meat from Uhruska lambs. *Ann. Anim. Sci.* 2016, 16, 601-609.
14. Galletly J.: Dry Aged Beef – Design and Good Manufacturing Practices Review. Final report. Meat and Livestock Australia Limited, North Sydney 2016, 1-38.
15. Gowda T. K. G. M., De Zutter L., Van Royen G., Houf K., Van Damme I.: Evaluation of the microbiological quality of dry aged beef in Belgium. *J. Food Process. Technol.* 2016, 7, 11.
16. Gudjónsdóttir M., Gacutan M. D., Mendes A. C., Chronakis I. S., Jespersen L., Karlsson A. H.: Effects of electrosun chitosan wrapping for dry-ageing of beef, as studied by microbiological, physicochemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis. *Food Chem.* 2015, 184, 167-175.
17. Huis in't Veld J. H. J.: Microbial and biochemical spoilage of foods: An overview. *Int. J. Food Microbiol.* 1996, 33, 1-18.
18. Hulánková R., Kameník J., Saláková A., Závodský D., Borilova G.: The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT – Food Sci. Technol.* 2018, 89, 559-565.
19. Ingham S. C., Buege D. R.: Validation of dry-aging as an effective intervention step against *Escherichia coli* O157:H7 on beef carcasses. A University of Wisconsin-Madison Research Report 2003.
20. Juárez M., Caine W. R., Dugan M. E. R., Hidioglou N., Larsen I. L., Uttaro B., Aalhus J. L.: Effects of dry-ageing on pork quality characteristics in different genotypes. *Meat Sci.* 2011, 88, 117-121.
21. Kim Y. H. B., Kemp R., Samuelsson L. M.: Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Sci.* 2016, 111, 168-176.
22. Kim Y. H. B., Ma D., Setyabrata D., Farouk M. M., Lonergan S. M., Huff-Lonergan E., Hunt M. C.: Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Sci.* 2018, 144, 74-90.
23. Laster M. A., Smith R. D., Nicholson K. L., Nicholson J. D. W., Miller R. K., Griffin D. B., Harris K. B., Savell J. W.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Sci.* 2008, 80, 795-804.
24. Lemenager R.: Amount of Freezer Beef Expected from a Carcass? Animal Sciences Department, Purdue University 2002, 1-2.
25. Lepper-Blilie A. N., Berg E. P., Buchanan D. S., Berg P. T.: Effects of postmortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Sci.* 2016, 112, 63-68.
26. Li X., Babol J., Bredie W. L. P., Nielsen B., Tománková J., Lundström K.: A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Sci.* 2014, 97, 433-442.
27. Li X., Babol J., Wallby A., Lundström K.: Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Sci.* 2013, 95, 229-234.
28. Ludwiczak A., Stanisław M., Bykowska M., Składanowska J., Ślósarz P.: Effect of storage on quality traits of the semimembranosus muscle of farmed fallow deer (*Dama dama*) bucks and does. *Anim. Sci. J.* 2017, 88, 1149-1155.

29. Lyford C., Thompson J., Polkinghorne R., Miller M., Nishimura T., Neath K., Allen P., Belasco E.: Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? *Australas. Agribus. Rev.* 2010, 18, 1-17.
30. Miller R. K.: Beef flavor: A white paper. National Cattlemen's Beef Association, Centennial 2001.
31. Novakofski J., Brewer M. S.: The paradox of toughening during the aging of tender steaks. *J. Food Sci.* 2006, 71, 473-479.
32. Olivier S.: Assessment of the mycological hazards associated with the dry ageing of red meat. Final report. Meat and Livestock Australia Limited, North Sydney 2018, 1-11.
33. Parrish F. C., Boles J. A., Rust R. E., Olson D. G.: Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *Journal of Food Science* 1991, 56, 601-603.
34. Perry N.: Dry aging beef. *Inter. J. Gastronomy and Food Sci.* 2012, 1, 78-80.
35. Piaskowska N., Daszkiewicz T., Kubiak D., Zapotoczny P.: Quality of meat (Longissimus dorsi) from male fallow deer (*Dama dama* L.) packaged and stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Asian. Austral. J. Anim.* 2016, 29, 1782-1789.
36. Polkinghorne R. J., Thompson J. M.: Meat standards and grading: a world view. *Meat Sci.* 2010, 86, 227-235.
37. Polkinghorne R., Thompson J. M., Watson R., Gee A., Porter M.: Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Austral. J. Experim. Agric.* 2008, 48, 1351-1359.
38. Ryu S., Park M. R., Maburutse B. E., Lee W. J., Park D.-J., Cho S., Hwang I., Oh S., Kim Y.: Diversity and characteristics of the meat microbiological community on dry aged beef. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2017, 28, 105-108.
39. Savell J.: Dry-aging of beef: Executive Summary. Texas, Estados Unidos: Center for Research and Knowledge Management. National Cattlemen's Beef Association. Centennial 2008, p. 1-12.
40. Sitz B. M., Calkins C. R., Feuz D. M., Umberger W. J., Eskridge K. M.: Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *J. Anim. Sci.* 2006, 84, 1221-1226.
41. Smith A. M., Harris K. B., Griffin D. B., Miller R. K., Kerth C. R., Savell J. W.: Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. *Meat Sci.* 2014, 97, 21-26.
42. Smith R., Nicholson K., Nicholson J., Harris K., Miller R., Griffin D., Savell J.: Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Sci.* 2008, 79, 631-639.
43. Stenström H., Li X., Hunt M. C., Lundström K.: Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Sci.* 2014, 96, 661-666.
44. Verbeke W., Van Wezemael L., de Barcellos M. D., Kugler J. O., Hocquette J. F., Ueland O., Grunert K. G.: European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee. Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite* 2010, 54, 289-296.
45. Warren K. E., Kastner C. L.: A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *J. Muscle Foods* 1992, 3, 151-157.
46. Whetstone S., Adhikari K., Chamber IV E.: Impact of Seasoning and Bromelain on Sensory Attributes of Beef Steaks. *J. Hum. Nutr. Food Sci.* 2014, 2, 1023.

Adres autora: dr hab. inż. Piotr Domaradzki, prof. UP, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: piotr.domaradzki@up.lublin.pl