

PIOTR DOMARADZKI, MARIUSZ FLOREK, ZYGMUNT LITWIŃCZUK

DOJRZEWANIE MIĘSA WOŁOWEGO NA SUCHO – ASPEKTY TECHNOLOGICZNE

Streszczenie

Dojrzewanie wołowiny może być prowadzone na dwa sposoby, tzn. na sucho i na mokro. Historycznie starszą metodą prowadzącą do poprawy cech sensorycznych (kruchości, soczystości, smakowości) jest dojrzewanie wołowiny na sucho. Od kiedy jednak w latach 70. XX wieku wprowadzono pakowanie próżniowe, dojrzewanie na mokro zaczęło dominować jako podstawowy sposób dystrybucji, przechowywania i dojrzewania mięsa wołowego. Dojrzewanie na sucho wypełnia natomiast niszę dla tych konsumentów, którzy chcą zapłacić za coś, co może być uznane za luksus, a nie konieczność. Należy również podkreślić, że jedynie proces dojrzewania na sucho pozwala wytworzyć wołowinę o unikatowym profilu smakowo-zapachowym, dzięki czemu uzyskuje się produkt handlowy o wartości dodanej. Zabieg ten jest jednak przedsięwzięciem kosztownym ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniego surowca, tj. mięsa najwyższej jakości z odpowiednią marmurkowatością oraz kontrolowanych warunków mikroklimatu dojrzawalni, niezbędnych do prawidłowego przebiegu tego procesu. Ponadto straty poniesione na etapie dojrzewania metodą suchą i związane z mniejszą wydajnością produktu (większymi ubytkami) wymagają rekompensaty, co przekłada się na ok. 20 % wyższą jego cenę w porównaniu z produktem dojrzewającym w warunkach próżniowych. Mimo tego, że dojrzewanie wołowiny na sucho praktykowane jest od dziesięcioleci, to optymalne warunki procesu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Najczęściej podawane w literaturze parametry to temperatura w przedziale $0 \div 4$ °C, wilgotność względna – $75 \div 85$ %, natomiast prędkość przepływu powietrza – $0,2 \div 2,5$ m/s. Okres dojrzewania wołowiny na sucho jest zbliżony do dojrzewania na mokro (zwykle $14 \div 35$ dni), chociaż niekiedy może on ulec wydłużeniu do 2 a nawet 8 miesięcy. Należy podkreślić, że ostatnio obserwuje się znaczący wzrost zainteresowania i popytu na wołowinę dojrzewającą na sucho, co związane jest z większą zamożnością konsumentów, wzrastającą świadomością, jak również poszukiwaniem nowych doznań sensorycznych. Wołowina taka uważana jest za produkt premium, który choć droższy, jest oryginalny i odznacza się wysoką jakością.

Słowa kluczowe: wołowina, dojrzewanie na sucho, parametry procesu, jakość produktu, ubytki, innowacyjne rozwiązania

Motto: Sterowanie procesem dojrzewania wołowiny na sucho jest bardziej sztuką niż nauką (J. W. Savell)

Dr hab. inż. P. Domaradzki prof. UP, prof. dr hab. inż. M. Florek, Instytut Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, prof. dr hab. Z. Litwińczuk, Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności, Wydz. Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin. Kontakt: mariusz.florek@up.lublin.pl

Wprowadzenie

Dojrzewanie to złożony proces przebiegający podczas konwersji mięśni w mięso, obejmujący liczne przemiany biochemiczne i zmiany fizykochemiczne. Zasadniczo istnieją dwie techniki dojrzewania wołowiny, w efekcie których mięso nabiera właściwego smaku i staje się kruche: na sucho i na mokro [6]. Najprostszym rozwiązaniem w przypadku wołowiny przeznaczonej do dojrzewania na mokro jest umieszczenie jej w opakowaniu próżniowym, a następnie przechowywanie w kontrolowanej temperaturze przez określony czas. Dość często proces ten jest bardziej skomplikowany i wykorzystuje się kilka metod pakowania tego samego elementu w określonym cyklu. Dojrzewanie na sucho to proces przechowywania bez opakowania zabezpieczającego całych półtuszy wołowych, elementów zasadniczych lub kulinarnych (w tym z kością) w chłodni przez kilka tygodni lub nawet miesięcy w kontrolowanym środowisku (temperatura, wilgotność względna i przepływ powietrza) [1].

Obecnie uważa się, że mięso powinno dojrzewać, pozostaje jedynie kwestia jak długo i jaką metodą. Przez stulecia dojrzewanie na sucho było powszechną metodą zarówno utrwalania, jak i kruszenia mięsa wołowego, stąd też jeszcze do połowy XX wieku wołowina dojrzewająca w taki sposób była standardem. Zmiana nastąpiła wraz z pojawieniem się i rozwojem opakowalnictwa próżniowego. Klasyczna metoda prowadzenia procesu na sucho straciła wówczas na znaczeniu na korzyść dojrzewania na mokro [30]. Pakowanie próżniowe stało się alternatywnym sposobem dystrybucji wołowiny, najpierw w Stanach Zjednoczonych, a następnie na całym świecie. Zaczęło ono dominować jako podstawowy sposób transportu, przechowywania i dojrzewania mięsa wołowego i w latach 80. XX wieku objęło 90 % sprzedawanej wołowiny. Niemniej jednak stale funkcjonowała pewna liczba producentów, którzy wykorzystywali proces dojrzewania mięsa wołowego na sucho. W ostatnich latach znacząco wzrosło zainteresowanie tego typu mięsem, dzięki coraz większej liczbie dostawców i detalistów wykorzystujących tradycyjną technikę dojrzewania surowca. Trend ten obserwowany jest zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych i Australii [4], Korei [7] oraz w Europie np. w Niemczech [3], Włoszech [37], Czechach [15], Szwecji [35], Danii [11], jak również w Polsce [13].

Tradycyjny sposób przechowywania mięsa ma na celu przede wszystkim wykształcenie niezwykle delikatnego i specyficznego smaku. Proces ten przebiega naturalnie, tzn. białko i tłuszcz mięśniowy ulegają progresywnej degradacji w wyniku aktywności enzymatycznej i innych procesów biofizykochemicznych [7]. Niestety, proces dojrzewania na sucho jest bardziej kosztowny w porównaniu z innymi konwencjonalnymi metodami przetwarzania m.in. ze względu na duże ubytki masy (ususzki) i straty związane z usuwaniem (wykrawaniem) nadmiernie odwodnionej (wysuszonej) warstwy mięsa na powierzchni produktu (okrawki), ryzyko zanieczyszczenia i ogólnie wyższe wymagania dotyczące warunków dojrzewania, m.in. powierzchni pomiesz-

czeń, ścisłego kontrolowania parametrów mikroklimatu itp. [10]. Jest to zatem proces bardzo czasochłonny, wymagający specjalistycznej wiedzy, doświadczenia i dbałości, a przede wszystkim surowca odpowiedniego pod względem zawartości tłuszczu [7]. Uzyskiwany produkt jest niszowy i skierowany do konsumentów, którzy preferują takie mięso i są skłonni zapłacić wysoką cenę za specyficzny smak wołowiny dojrzewającej na sucho.

W niniejszym opracowaniu, ze względu na rosnące zainteresowanie dojrzewaniem wołowiny na sucho, szczególną uwagę zwrócono na kluczowe dla tej techniki parametry, tj. jakość surowca, czas, temperaturę, wilgotność względną oraz przepływ powietrza. Omówiono również zagadnienia związane z ekonomiczną stroną procesu dojrzewania suchego i perspektywą wykorzystania innowacyjnych rozwiązań zwiększających wydajność oraz podwyższających jakość wołowiny poddanej tej metodzie przetwarzania.

Najważniejsze parametry dojrzewania mięsa metodą na sucho – informacje ogólne, marmurkowatość, wiek bydła oraz typowe elementy zasadnicze poddawane dojrzewaniu

Aktualnie dojrzewanie mięsa na sucho najczęściej stosują mali i średni przetwórcy poszukający sposobów na odróżnienie swoich produktów od żywności produkowanej na skalę przemysłową [34]. Wołowina uzyskana w ten sposób dostępna jest w luksusowych restauracjach i hotelach oraz restauracjach specjalizujących się w serwowaniu mięsa tzw. *steakhouses*, często prowadzących ten typ dojrzewania na własne potrzeby. Dostępna jest również w ekskluzywnych delikatesach oraz specjalistycznych sklepach internetowych [34].

Pomimo tego, że dojrzewanie wołowiny na sucho praktykowane jest od dziesięcioleci, to optymalne warunki procesu mające na celu zapewnienie niezmiennie wysokiej i powtarzalnej jakości produktu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Niektórzy uważają, że proces ten jest raczej sztuką niż nauką [30]. Nie zmienia to jednak faktu, że praktycy prowadzący ten typ dojrzewania mięsa są szczególnie zainteresowani opracowaniem wytycznych gwarantujących uzyskanie wysokojakościowego oraz bezpiecznego produktu [8].

Generalnie przyjmuje się, że ze względu na wysokie koszty oraz czasochłonność procesu, dojrzewaniu metodą na sucho powinno być poddawane tylko mięso najwyższej jakości, bez żadnych odchyleń jakościowych. Elementy powinny pochodzić z tusz bydła w wieku 9 ÷ 30 miesięcy (najczęściej powyżej 16 miesięcy; według USDA tzw. klasa A dojrzałości fizjologicznej), właściwie wychłodzonych (bez skurczu chłodniczego lub ciepłego), o pH końcowym ($\text{pH}_{48\text{h}}$) w zakresie 5,4 ÷ 5,7 [7]. Istotnym warunkiem jest również wystarczająco duża zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w postaci tzw. marmurkowatości mięsa, która gwarantuje, że końcowy produkt będzie

dostarczał pozytywnych doznań kulinarnych, głównie smakowitości, kruchości i soczystości [21].

W USA najczęściej dojrzewaniu poddawane są elementy zakwalifikowane do najwyższych klas jakościowych, tj. USDA Prime oraz USDA Choice (z umiarkowaną lub obfitą marmurkowatością). Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w takich elementach zwykle waha się od 6 do 11 %, niekiedy jest nawet wyższa [21]. Wykazano [14], że wraz z poubojowym dojrzewaniem smakowitość mięsa w klasie USDA Choice i wyższej (IMF > 5 %) poprawiała się w większym stopniu niż surowca zakwalifikowanego do niższych standardów jakościowych (IMF < 4 %). Wskazuje to zatem, że obserwowane zmiany warunkowane były poziomem IMF. Istotnie wyższe noty za soczystość, smakowitość oraz ogólną akceptację uzyskały steki w klasie USDA Choice w porównaniu ze stekami w niższej klasie jakościowej, tj. USDA Select [26]. Fenomen związku obfitej marmurkowatości steków z ich wysoką oceną sensoryczną Dashdorj i wsp. [7] tłumaczy rozpuszczaniem się i migracją składników tłuszczowych w trakcie grillowania mięsa. Zapewnia to właściwą soczystość, delikatność oraz charakterystyczny maślany posmak produktu. Ponadto tkanka tłuszczowa obecna pomiędzy wiązkami i włóknami mięśniowymi oddziałuje na rozluźnienie struktur łącznotkankowych, co korzystnie wpływa na kruchość mięsa. Zostaje bowiem częściowo zaburzona charakterystyczna struktura plastra miodu w *endomysium*, natomiast w *perimysium* formowane są cieńsze włókna kolagenowe [24].

Do dojrzewania na sucho najbardziej nadaje się mięso pozyskane z bydła żywionego paszą treściwą, bowiem tylko w takim surowcu można uzyskać odpowiednio dużą marmurkowatość [7]. W ostatnim okresie ukazały się również prace, w których tej technice dojrzewania poddawano wołowinę o stosunkowo małej marmurkowatości (udział IMF \leq 5 %) [4], jak również pozyskaną z bydła żywionego zielonką pastwiskową [4] lub utrzymywanego w chowie ekologicznym [15]. Berger i wsp. [4] wykazali, że dojrzewanie na sucho korzystnie wpłynęło na większość cech sensorycznych (smak, kruchość, soczystość, akceptowalność) *m. longissimus lumborum* (IMF = 4,54 %; USDA Select) w porównaniu z dojrzewaniem na mokro. Z kolei Lepper-Blilie i wsp. [21] ocenili wyróżniki sensoryczne steków z rostbefu (strip i short loins; IMF = 3,5 ÷ 5,0 %; USDA Select) w zależności od metody dojrzewania i wykazali istotnie wyższe noty za dojrzewanie na sucho (1,87 vs. 1,44) jedynie w przypadku oceny ogólnej smakowitości. Noty za wyróżniki smakowitości, takie jak: posmak wołowy, pieczonego mięsa czy karmelowy przyznawane w tych badaniach przez oceniających (w 8-punktowej skali) były relatywnie niskie, tzn. mieściły się w zakresie 1,00 ÷ 2,74 pkt, co zdaniem autorów poddaje w wątpliwość sens przeprowadzania dojrzewania na sucho elementów o niewielkiej marmurkowatości.

Większość producentów w zależności od wymaganego profilu smakowo-zapachowego prowadzi dojrzewanie tusz wołowych lub elementów handlowych przez

co najmniej 21 dni. Po uboju i wstępnej obróbce tusze zazwyczaj dzieli się na półtusze, które zawieszają się w chłodni w temp. 2 °C. Następnie po 21 dniach każda półtusza jest dzielona na elementy handlowe, np. udziec, rostbef czy antrykot, które zawieszają się lub umieszczają w szafach na kolejne 7 do 28 dni. Po upływie tego czasu elementy cięte są na steki (np. filet, sirloin, T-bone), pakowane i kierowane do sprzedaży. Z mniej cennych elementów tuszy przygotowuje się mięso pieczeniowe, gulaszowe lub mielone. Najdelikatniejszą i najdroższą częścią tuszy wołowej jest polędwica (tenderloin) określana jako filet mignon, filet roast lub filet steak. Wysoko cenionym elementem, zwłaszcza przez punkty gastronomiczne (np. steakhouse), jest T-bone stek, składający się z polędwicy i rostbefu przedzielonych fragmentem kości w kształcie litery „T” (połączenie filetu mignon z New York Strip) [7]. Dojrzwaniu na sucho najczęściej poddawane są elementy z kością. Wówczas części zasadnicze podwieszają się na specjalnych hakach (pożądany jest jak najmniejszy kontakt mięsa z powierzchnią komór) lub układają na stelażach (rusztach) ze stali nierdzewnej, kręgami kręgosłupa skierowanymi w stronę stelaży. Jeżeli prowadzone jest dojrzwianie elementów odkostnionych, wówczas mogą być one układane warstwą tłuszczu podskórnego skierowaną do dołu [9] lub do góry [21]. W przypadku steków z odkostnionych elementów dojrzewających na sucho DeGeer i wsp. [8] wykazali (w skali 15-punktowej) wyższy udział smaku wołowego (10,9 vs. 10,5 pkt), karmelowego i pieczonego (10,9 vs. 10,4 pkt) w porównaniu ze stekami z kością. Autorzy tych badań zauważają, że pozostawienie w elementach kości negatywnie wpływa na rozwój cech smakowych w trakcie dojrzewania, najprawdopodobniej poprzez ograniczenie utraty wody, a tym samym mniejszą koncentrację składników smakowo-zapachowych w mięsie. Podobnie Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali wyższą notę (w skali 8-punktowej) za ogólną smakowość steków dojrzewających bez kości (1,81 vs. 1,50 pkt). Dojrzwianie na sucho części zasadniczych bez kości, w porównaniu z elementami z kością, korzystnie wpływa również na kruchość steków, aczkolwiek wykazane [8] różnice były nieistotne.

W trakcie dojrzewania mięsa na sucho należy dokładnie kontrolować warunki środowiska, przy czym istnieją różne procedury sterowania tym procesem. Producenci często dysponują swoją własną niepowtarzalną recepturą, traktując cały cykl produkcyjny z dużym zaangażowaniem i pasją. Oprócz czasu podstawowymi parametrami środowiskowymi, które należy uwzględnić przy opracowywaniu wytycznych, są: temperatura przechowywania, wilgotność względna i obieg powietrza. Decydują one bowiem o rozwoju właściwości smakowo-zapachowych, trwałości, wielkości ubytków, jakości mikrobiologicznej i innych aspektach związanych z jakością i ekonomią procesu dojrzewania. W tab. 1. zestawiono parametry dojrzewania suchego wołowiny, przedstawione w wybranych publikacjach naukowych z tego zakresu.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych parametrów dojrzewania wołowiny metodą na sucho oraz najważniejsze obserwacje uzyskiwane w badaniach
 Table 1. Summary of basic dry-ageing parameters of beef and major findings reported in scientific studies

Element Cut	Typ i forma dojrzewania suchego (DS) Type and form of dry-ageing (DS)	Zawartość tłuszczu / klasa jakościowa (USDA lub EUROP) ^a Fat content / quality class (USDA or EUROP)	Parametry dojrzewania na sucho (DS) Parameters of dry-ageing					Pozytywny wpływ dojrzewania suchego Positive impact of dry-ageing	Najważniejsze obserwacje w zakresie oceny sensorycznej Major findings related to sensory evaluation	Źródło Reference
			Czas dojrzewania Ageing time [dni / days]	Tempera- tura Tempera- ture [°C]	Wilgotność względna Relative humidity [%]	Prędkość przepływu powietrza Air-flow velocity [m/s]	Promieniowanie UV UV light			
Rostbef Strip loin Antrykot Ribeye	DS elementy cuts	Prime, Choice, Select	21	0 - 1	80 - 85	0,5 - 2,5	-	Nie No	DM wyższe noty za kruchość i smakowi- tość ogółem; W zależności od klasy jako- ściowej noty za kruchość, soczystość i smakowość w następującej kolejności: Prime > Choice > Select; Steki z antrykotu korzystniej ocenione niż steki z rostbefu	[26]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	Choice i wyższe Choice and higher	3 PM + 11	3,1 - 3,6	78 ± 3	Obieg powietrza co 30 min / Air circulation every 30 min	Prom. UV - dezynfekcja powietrza UV light air filtration	Tak Yes	Większy posmak wołowy zrumieniony i pieczony w porównaniu z DM. Porówny- walna kruchość	[38]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	-	7 DM + 7, 14 lub 21	2	75	-	-	Tak Yes	W miarę wydłużania okresu dojrzewania wzrost intensywności wyróżników sma- kowitości, oraz polepszenie soczystości i kruchości	[6]
Rostbef Short loin Antrykot Ribeye	DS elementy cuts	-	7, 14, 21 lub 28	0 - 2	60 - 80	1	-	Nie No	DM wyższe noty za kruchość, soczystość, intensywność smaku wołowego, pożąda- ność oraz akceptowalność (DM > DS). Najkorzystniejsze, ze względu na wyróż- niki organoleptyczne, jest prowadzenie dojrzewania przez 28 dni	[17]

Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	11,56 / Prime 10,44 / Choice	37 + 7 DM	1	-	-	Nie No	[32]
Rostbef Strip loin Antrykot Ribeye Krzyżowa Eye of rump	DS elementy cuts	Choice Select	9 PM + 14, 21, 28 lub 35	-0,6 ± 1,8	78 ± 9,3	-	Nie No	[20]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	Choice Select	2 PM + 14, 21, 28 lub 35	1 ± 2	83 ± 11	-	Nie No	[34]
Antrykot Ribeye Krzyżowa Eye of rump	DS elementy cuts	Choice	2 PM + 35	DM: 2,3 - 3,7 DS: 2,9 - 5,1	98,1	Użycie wentyla- torów do cyrku- lacji powietrza Using fans to air circulation	Nie No	[33]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts	3,5 - 5,0	14, 21, 28, 35, 42 lub 49	1	70	Cyrkulacja powietrza Air circulation 5,66 m ³ /h	Tak Yes	[21]

Rostbef Short loin	DS elementy cuts	-	2 PM + 21	1 lub 3	49, 55, 73 lub 76	0,2 lub 0,5	-	Tak Yes	Wyższa smakowitość i ogólna akceptowalność w porównaniu z DM. Najkorzystniejsza jakość organoleptyczna przy zastosowaniu temp. 3 °C, wilg. wzgl. 49 % i pręd. przep. powietrza 0,2 m/s	[19]
Rostbef Short loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	5,81 / Choice 3,81 / Select	8 PM + 21	2,2	-	Minimalny obieg powietrza Minimal air movement	-	Nie No	Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody dojrzewania (DS = DSW = DM) oraz klasy jakościowej steków	[9]
Rostbef + Antrykot Bone-in loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	4,75 / Select 4,60 / Select	7 DM + 28	2	78	Minimalny obieg powietrza Mnimal air movement ($< 0,2$)	-	Tak Yes	Wyższa smakowitość, kruchość i soczystość w porównaniu z DM	[4]
Rostbef (LTL) Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	3,0 / 0 ⁻ - R; 3 ⁻ - 4 ⁻	2 PM + 8 lub 19	5,1	75	-	-	Tak Yes	Większa noty za smak umami, tłuszczowy i mięsa smażonego w maśle w porównaniu z DM; DSW najkorzystniejsza kruchość i soczystość (DSW > DS > DM); Korzystny wpływ wydłużonego okresu dojrzewania	[22]
Krzyżowa oko (GM) Eye of rump	DSW elementy cuts	P ⁻ , 5 ⁺	6 DS ^b + 1 DM + 14	2,9	91	-	Nie stosowano prom. UV No UV lights were used	Tak Yes	Większa kruchość i soczystość (DSW > DM). Bardziej preferowane przez konsumentów w porównaniu z DM	[23]
Rostbef Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	6,9 ± 1,5	11 PM + 14 lub 21	2,2 - 3,0	87 ± 2,6	Standardowa, limitowana parametrami komory chłodniczej Limited to regular coolers	Nie stosowano prom. UV No UV lights were used	Tak Yes	DS i DSW: wysoka ocena za kruchość, smak dojrzewającego na sucho mięsa, smak wołowy, zróżnicowany i pieczony. Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody (DS = DSW) i czasu (14 vs. 21 dni) dojrzewania	[1]

Rostbef Strip loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	9,0 - 13,9 ^c	21 lub 28	2,2	50	-	Prom. UV - dezynfekcja powietrza UV light air filtration	Tak Yes	DS i DSW: wysoka ocena za kruchość, smak wołowy, zmięmienny i pieczony. Brak istotnych różnic w wyróżnikach sensorycznych w zależności od metody (DS = DSW) i czasu (21 vs. 28 dni) dojrzewania	[8]
Rostbef (LTL) Loin	DS elementy cuts DSW elementy cuts	O - R, 3	2 PM + 13	1,6	-	-	-	Tak Yes	DS i DSW wyższa kruchość i akceptowalność (DS = DSW > DM), w przypadku DSW również soczystość w porównaniu z DM (DSW > DS > DM)	[35]
Antrykot Ribeye	DS ćwierćtusze quarter	1,5 - 3	21					Tak Yes	Wyższe noty za kruchość i soczystość w porównaniu z DM. Brak istotnych różnic w zakresie smakowości	[28]
Rostbef ^d Loin	DS ćwierćtusze quarter	1,66 - 2,62	12 - 36	0 - 2	85 ± 2	0,5 ± 0,2	-	Tak Yes	Wzrost kruchości ocenianej na podstawie siły cięcia. Najkorzystniejsze prowadzenie DS powyżej 21 dni	[15]
Rostbef (LT) ^d Short loin	DS tusze carcasses	40,3	4, 11, 20, 30, 40, 50 lub 60	1 - 4	80 - 90	-	-	Tak Yes	W zakresie kruchości, soczystości, smaku oraz intensywności smaku umami, optymalny okres DS dla wołowiny o bardzo dużej marmurkowości wynosi 40 dni	[16]
-	DS tusze carcasses	-	3, 25, 40, 50 lub 60	1 - 4	80 - 90	-	-	-		[29]

Objaśnienia / Explanatory notes:

DS – dojrzewanie suche / dry-ageing; DSW – dojrzewanie mokre (pakowanie próżniowe) / wet-ageing (vacuum packing); PM – przechowywanie *post mortem* / *post mortem* storage; LTL – *m. longissimus thoracis et lumborum*; LT – *m. longissimus thoracis*; GM – *m. gluteus medius*; EUROP – system klasyfikacji tusz stosowany w Unii Europejskiej obejmujący ocenę uformowania (klasa P – umięśnienie bardzo słabe, E⁺ – umięśnienie doskonałe) oraz ocenę otuszczenia (1⁺ – brak lub bardzo małe, 5⁺ – bardzo duże) / carcass classification system used in the European Union including evaluation of conformation (class, P – very weak muscles, E⁺ – perfect muscles) and assessment of fatness (fat cover class, 1⁺ – none or very low, 5⁺ – very high); USDA – system klasyfikacji Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (United States Department of Agriculture) uwzględniający m.in. wiek zwierzęcia oraz marmurkowość *m. longissimus dorsi* – kolejność klas od najbardziej pożądanej do najmniej wartościowej: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, Canner / classification system of United States Department of Agriculture that includes age of animal and marbling of *m. longissimus dorsi* – order of classes from most desirable to least valuable: Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, Canner; ^a – zawartość tłuszczu oznaczona w surowcu (przed procesem dojrzewania) / fat content determined in raw meat (prior to ageing); ^b – dojrzewanie suche w tuszach / carcasses dry-ageing; ^c – zawartość tłuszczu oznaczona w produkcie (po okresie dojrzewania) / fat content determined in product (after ageing); ^d – element wykorzystywany w badaniach / cuts used in studies.

Okres dojrzewania

W warunkach amerykańskich okres dojrzewania wołowiny dostępnej w handlu detalicznym i gastronomii wahał się od 1 do 358 dni, przy czym 44,2 % steków z rost-befu przechowywano krócej niż 14 dni od uboju [12]. W przypadku dojrzewania mięsa na sucho w praktyce najczęściej stosuje się okres 14 ÷ 35 dni [36]. W opinii Savella [30] jest to wystarczający czas do uzyskania pożądaných rezultatów procesu dojrzewania. Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali, że optymalny czas dojrzewania wołowiny wahał się od 21 do 28 dni, jakkolwiek dojrzewanie na sucho do 28. dnia znacząco nie zwiększa charakterystycznego profilu smakowo-zapachowego wołowiny w porównaniu z krótszym, tj. 21-dniowym okresem [8]. Ponadto Laster i wsp. [20] nie stwierdzili istotnych różnic w ocenie wyróżników sensorycznych steków między 14. a 35. dniem dojrzewania, a Ahnström i wsp. [1] pomiędzy 14. a 21. dniem. Smith i wsp. [34] podają, że stekom dojrzewającym przez 21 dni przyznano (w skali 10-punktowej) najwyższą notę za smak wołowy (7,2 pkt) w porównaniu ze stekami ze wszystkich pozostałych okresów dojrzewania (14 dni – 6,7 pkt vs. 28 dni – 6,8 pkt vs. 35 dni – 6,8 pkt). Każdy okres powyżej 21 dni dojrzewania wpływał zatem porównywalnie na ocenę smaku wołowego, podobnie jak 14-dniowy. Campbell i wsp. [6] wykazali, że 7-dniowy okres dojrzewania na sucho poprzedzony 7-dniowym przechowywaniem mięsa w warunkach próżniowych nie jest wystarczający do osiągnięcia pożądaných cech sensorycznych produktu. Dopiero wydłużenie dojrzewania do 14 dni przyniosło pożądanę rezultaty. Z kolei Iida i wsp. [16] podają, że optymalny okres dojrzewania na sucho wołowiny o dużej marmurkowatości (udział IMF = 40,3 %), ustalony na podstawie takich wyróżników sensorycznych, jak: kruchość, soczystość, smak oraz intensywność smaku umami, wynosi 40 dni. Perry [27] uważa, że w celu zapewnienia maksymalnych odczuć sensorycznych czas dojrzewania wołowiny na sucho powinien wynosić 50 ÷ 80 dni, jednak autor nie poparł tych zaleceń żadnymi wynikami badań. Niektóre restauracje w USA prowadzą dojrzewanie wołowiny na sucho przez 75, 90, 120, a nawet 240 dni. Jednakże tak długie przechowywanie mięsa jest indywidualnym wyborem szefów kuchni, wynikającym z osobistego doświadczeniu oraz chęci poszukiwania nowych doznań kulinarnych [7].

Temperatura dojrzewania

Jednym z najważniejszych parametrów dojrzewania wołowiny na sucho jest temperatura, która determinuje aktywność enzymów endogennych i wzrost mikrobioty. Sugerowana temperatura dojrzewania wołowiny na sucho powinna wahać się od 0 do 4 °C i podobnie można ją również stosować w dojrzewaniu na mokro [1]. Przechowywanie mięsa w wyższych temperaturach przyspiesza procesy enzymatyczne i w efekcie podnosi atrakcyjność sensoryczną produktu. Niestety intensyfikuje również wzrost

bakterii i grzybów, będących przyczyną niepożądanych odchyłeń smaku i zapachu. Zaleca się zatem przechowywanie mięsa w jak najniższej temperaturze, nie dopuszczając jednak do zamrożenia surowca. Zastosowanie temperatury chłodniczej (poniżej 4 °C) hamuje wzrost większości bakterii patogennych (i/lub pojawienie się toksyn). Optymalna temperatura do długotrwałego dojrzewania mięsa wynosi -0,5 °C (± 1 °C). Jeżeli proces prowadzony będzie krócej (1 do 2 tygodni) zaleca się temp. 2 ÷ 3 °C [2]. Przy dojrzewaniu istotne jest również zachowanie stabilnej temperatury. Zaleca się, aby pomieszczenie przeznaczone do dojrzewania mięsa na sucho wyposażone było w śluzy wejściowe i ewentualnie sąsiadowało z innym obszarem chłodzonym, tak aby uniemożliwić napływ ciepłego, wilgotnego powietrza z zewnątrz. Zastosowanie kurtyn paskowych z PCV jest również wskazane, gdyż ograniczają one wymianę powietrza przy otwartych drzwiach w chłodni [2].

Wilgotność względna

Parametrem wymagającym kontroli w trakcie dojrzewania mięsa na sucho jest wilgotność względna powietrza. Para wodna w środowisku o wysokiej wilgotności ulega kondensacji na powierzchni mięsa, zwiększając aktywność wody (a_w). Zjawisko to sprzyja rozwojowi bakterii i grzybów odpowiedzialnych za rozkład surowca. Z kolei zbyt niska wilgotność ogranicza rozwój mikroorganizmów, jednak w wyniku zwiększonego parowania zwiększa się ususzka i generowane są większe straty masy surowca, stanowiąc istotny problem natury ekonomicznej [30]. Wartości wilgotności względnej powietrza w dojrzewalni, podawane w badaniach naukowych, wahają się w dość szerokim zakresie 49 ÷ 98 % (tab. 1). W warunkach przemysłowych zalecany zakres wynosi 75 ÷ 85 % [2].

Obieg powietrza

Podczas dojrzewania należy zapewnić niezakłóconą cyrkulację powietrza wokół odpowiednio rozmieszczonych elementów. Właściwy obieg skutkuje równomiernym osuszeniem powierzchni mięsa oraz zapobiega jego rozkładowi i powstawaniu niepożądanego zapachu. W przypadku niedostatecznej cyrkulacji powietrza mięso może uwolnić zbyt mało wilgoci, co negatywnie wpływa na rezultaty dojrzewania suchego. Z kolei zbyt intensywny obieg powietrza sprawia, że powierzchnia mięsa ulega szybkemu wysychaniu, co zwiększa straty produktu związane z koniecznością usuwania suchych i odbarwionych elementów surowca [2]. Prędkość i przepływ powietrza powinny być równomiernie utrzymywane przez cały okres dojrzewania, przy czym szczególnie ważne jest to w początkowym etapie procesu. Cyrkulację powietrza można kontrolować za pomocą odpowiednio zaprojektowanych urządzeń dojrzewalniczych, dodatkowych wentylatorów czy też systemów filtracji powietrza. Elementy wyposażenia, które pomagają optymalizować właściwy obieg powietrza to m.in. stelaże ze stali

nierdzewnej, wieszaki, haki lub perforowane półki [2]. Podawany w literaturze naukowej zakres prędkości przepływu powietrza w dojrzewalni wynosi $0,2 \div 2,5$ m/s (tab. 1). W wytycznych eksportowych USA zaleca się mniejszy przepływ powietrza ($0,5 \div 2,0$ m/s) [36], natomiast w australijskich – $0,2 \div 0,5$ m/s [2].

Dotychczas wykonano niewiele badań z zakresu optymalizacji procesu dojrzewania mięsa na sucho. Poza czasem dojrzewania, zagadnienia związane z wpływem różnych temperatur przechowywania, poziomów wilgotności względnej czy prędkości przepływu powietrza na jakość i walory smakowe dojrzewającej na sucho wołowiny zasadniczo nie były podejmowane. Jedynym opracowaniem z tego zakresu jest artykuł Kima i wsp. [19], którzy fragmenty rostbefu poddawali dojrzewaniu przez 21 dni w różnym układzie czynników, tj. wilgotności względnej \times temperatura \times przepływ powietrza, stosując odpowiednio następujące ich wielkości: 1) $76\% \times 1\text{ }^\circ\text{C} \times 0,2$ m/s, 2) $73\% \times 1\text{ }^\circ\text{C} \times 0,5$ m/s, 3) $49\% \times 3\text{ }^\circ\text{C} \times 0,2$ m/s, 4) $55\% \times 3\text{ }^\circ\text{C} \times 0,5$ m/s. Wykazano, że steki dojrzewające przy 49% wilgotności względnej, w temp. $3\text{ }^\circ\text{C}$ i przepływie powietrza $0,2$ m/s (wariant 3) charakteryzowały się najkorzystniejszymi cechami sensorycznymi spośród analizowanych systemów przechowywania [19]. Nie oznacza to jednak, że warunki te są optymalne, zatem proces dojrzewania mięsa na sucho w zakresie poprawy cech jakościowych produktu może być nadal udoskonalany, z uwzględnieniem np. istotnych czynników hodowlanych determinujących początkową jakość surowca, takich jak: rasa, płeć, wiek zwierząt czy system utrzymania.

Wydajność i ubytki związane z suchym dojrzewaniem mięsa

Utrata wody z mięsa w trakcie procesu dojrzewania na sucho ma kluczowe i korzystne znaczenie dla koncentracji wielu związków odpowiedzialnych za unikatową smakowitość tego typu wołowiny. Takie nieuniknione ubytki obniżają jednak wydajność produktu gotowego do sprzedaży. Powstała strata musi zatem zostać zrekompensowana końcową ceną steków. Ponadto dodatkowe koszty związane są z koniecznością utrzymania ściśle kontrolowanego środowiska procesu dojrzewania [30].

Przedstawione w tab. 2. wyniki wskazują, że całkowity ubytek związany z klasycznym dojrzewaniem na sucho całych elementów, jak np. rostbefu, wahał się od $27,5$ do $41,2\%$. Wydłużenie okresu dojrzewania wpływa na zwiększone straty związane zarówno z większym ubytkiem dojrzewalniczym (z powodu utraty wody), jak i spowodowanym usuwaniem warstwy mięsa nadmiernie wysuszonego (tab. 2). Elementy tuszy wołowej poddawane dojrzewaniu suchemu, niezależnie od tego jak dobrze kontrolowane są parametry mikroklimatu dojrzewalni, tracą $6,0 \div 16,4\%$ początkowej masy wskutek parowania wody (ubytek dojrzewalniczy). Straty związane z usuwaniem okrawek wahają się natomiast w granicach $8,6 \div 30,0\%$ (tab. 2). W konsekwencji każda kolejna doba przechowania generuje ubytki masy elementów handlowych determinowanych utratą wilgoci w zakresie $0,26 \div 0,74\%$, natomiast tych związanych z wy-

krawaniem – $0,31 \div 1,1$ %. Powyższe straty sprawiają, że wydajność handlowa całych elementów poddawanych dojrzewaniu na sucho zmniejsza się w trakcie przechowywania i po 35 dniach wynosi w przypadku antrykotu $47,7 \div 63,5$ %, rostbefu – $52,0 \div 69,8$ %, zaś krzyżowej – $54,8$ % [20]. Wartości te są zdecydowanie niższe niż analogicznych elementów dojrzewających na mokro, odpowiednio w przypadku antrykotu – $74,4 \div 88,1$ %, rostbefu – $78,6 \div 87,1$ % i krzyżowej – $73,6$ % [20]. Ponadto w przypadku dojrzewania mokrego (niezależnie od okresu przechowywania) wydajność handlowa zasadniczo utrzymuje się na niezmiennym poziomie. Jakkolwiek nie oznacza to, że podczas dojrzewania mokrego nie występują ubytki masy obniżające w konsekwencji jakość produktu.

DeGeer i wsp. [8] oraz Lepper-Blilie i wsp. [21] wykazali niższą wydajność odkostnionych elementów rostbefu dojrzewających na sucho w porównaniu do elementów z kością. Usunięcie kości z elementów zwiększa zarówno ubytki wody ($19,1$ % vs. $14,7$ %), jak i straty związane z wykrawaniem ($34,4$ % vs. $22,5$ %) [8]. Elementy z kością dojrzewające na sucho uzyskują zatem wyższą wydajność przeciętnie o $10 \div 12$ % [8]. W badaniach [8] wykazano także niższe oceny cech sensorycznych steków pochodzących z elementów dojrzewających z kością. Na korzystniejsze rezultaty dojrzewania na sucho całych handlowych elementów wołowych wskazują Gudjónsdóttir i wsp. [11]. Cytowani autorzy wykazali, że całkowity ubytek masy steków (o grubości $2,5$ cm) poddanych tej metodzie dojrzewania osiągnął w 3. tygodniu przechowywania aż $73,4$ % ich pierwotnej masy (tab. 2). Wydajność handlowa elementów dojrzewających na sucho uzależniona jest również od ich prezentacji (na ogół wykazując zależność antrykot z kością > rostbef z kością > krzyżowa bez kości) [20] oraz klasy jakościowej USDA (zazwyczaj Choice < Select) [20].

Jednym z najnowszych rozwiązań mających na celu zwiększenie wydajności produktu jest zastosowanie do jego pakowania worków z folii o wysokiej przepuszczalności dla wilgoci [1]. Niemniej jednak całkowite ubytki mięsa dojrzewającego na sucho w worku są wciąż zdecydowanie większe ($21,3 \div 37,1$ %) niż elementów dojrzewających na mokro ($2,5 \div 20,2$ %). W porównaniu z klasycznym dojrzewaniem na sucho obserwuje się znaczne zmniejszenie wycieku dojrzewalniczego z mięsa dojrzewającego w worku, tzn. od $0,2$ do $4,8$ % [1]. W przypadku usuwania okrawek ubytki są natomiast zbliżone [22], mniejsze (o $1,6 \div 2,3$ %) [1] lub nawet większe (o $0,3 \div 2,5$ %) [8]. W konsekwencji całkowity ubytek masy produktów dojrzewających na sucho w workach jest nieznacznie mniejszy (o $0,8 \div 4,0$ %) w porównaniu z klasycznym dojrzewaniem na sucho [1]. W literaturze przedmiotu publikowane są również dane wskazujące na większy ubytek masy mięsa dojrzewającego na sucho w worku (o $0,55$ %) w porównaniu z metodami tradycyjnymi, które negują korzyści w zakresie minimalizacji strat przy zastosowaniu tego innowacyjnego systemu przechowywania [9].

Tabela 2. Ubytki oraz wyciek termiczny z mięsa w zależności od sposobu i czasu dojrzewania
 Table 2. Losses and cooking loss from meat depending on method and ageing time

Rodzaj elementu Type of cuts	Rodzaj dojrzewania Type of ageing	Czas dojrzewania Ageing time [dni / days]	Wyciek dojrzewalniczy Weight loss [%]	Ubytek związany z okrawaniem Trimming loss [%]	Ubytek całkowity Combined loss [%]	Wyciek termiczny Cooking loss [%]	Źródło Reference
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	14	13,65	-	-	26,31	[38]
	Mokre / Wet		0,76	-	-	30,84	
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	23	6	24	36	20	[25]
	Mokre / Wet		2	3	6	27,5	
Rostbef Short loin	Suche / Dry	8 PM + 21	15,56	24,05	35,98	18,75	[9]
	Suche w worku Dry in bag		13,48	26,55	36,41	20,24	
	Mokre / Wet		2,90	3,53	6,32	21,38	
Rostbef + Antrykot Bone-in loin	Suche / Dry	7 DM + 28	13,9	8,6	-	15,3	[4]
	Suche w worku Dry in bag		9,1	7,0	-	15,8	
	Mokre / Wet		0,9	0	-	15,7	
Rostbef (<i>m. longissimus thoracis et lumborum</i>) Strip loin	Suche / Dry	8	6,9	22,1	27,5	-	[22]
	Suche / Dry	19	15,3	29,9	40,7	-	
	Suche w worku Dry in bag	8	5,8	22,2	26,7	-	
	Suche w worku Dry in bag	19	13,5	27,3	37,1	-	
	Mokre / Wet	8	1,2	19,3*	20,2*	-	
	Mokre / Wet	19	1,7	17,4*	18,8*	-	

Krzyżowa oko (<i>m. gluteus medius</i>) Eye of rump	Suche w worku Dry in bag	7 PM + 14	15,2	7,3	21,3	13,1	[23]
	Mokre / Wet		2,4	2,1	4,4	18,2	
Rostbef Strip loin	Suche / Dry	11 PM + 14	6,5	15,0	-	23,5	[1]
		11 PM + 21	10,2	17,9	-	22,9	
	Suche w worku Dry in bag	11 PM + 14	6,3	15,3	-	22,7	
		11 PM + 21	8,8	15,6	-	23,7	
Rostbef Strip loin	Suche/suche w worku** Dry/Dry in bag	21	14,8	27,3	38,0	17,1	[8]
		28	16,4	30,0	41,2	16,8	
		7	34,3	22,0	48,7	14,5	
Steki z rostbefu (<i>m. longissimus dorsi</i>) Steaks from strip loins	Suche / Dry	14	47,3	29,0	62,3	5,3	[11]
		21	57,6	38,0	73,4	5,5	
		7	26,7	11,0	35,3	13,4	
	Suche w chitozanie Dry in chitosan	14	39,8	17,0	50,3	6,7	
		21	50,8	20,0	60,6	2,6	
	Mokre / Wet	7	2,5	0,0	2,5	18,1	
		14	4,7	0,0	4,7	20,7	
		21	5,0	0,0	5,0	23,3	

Objaśnienia / Explanatory notes:

PM – przechowywanie *post mortem* / *post mortem* storage; (*) – ubytek związany z usunięciem tłuszczu podskórnego / loss associated with trimming off subcutaneous fat; (**) – średnia z dwóch sposobów dojrzewania / average of two ageing methods.

Interesujące są wyniki dotyczące wycieku termicznego z mięsa dojrzewającego w różnych systemach. Generalnie jego ilość w zależności od sposobu dojrzewania można uszeregować w następującej kolejności: dojrzewanie na mokro < dojrzewanie na sucho w worku < dojrzewanie tradycyjne na sucho. Niemniej niektórzy autorzy [1] nie stwierdzili istotnego wpływu metody dojrzewania mięsa na wielkość wycieku termicznego, a jeszcze inni odnotowali jego mniejszą wielkość w przypadku steków dojrzewających klasycznie w porównaniu z mięsem dojrzewającym na sucho w worku (o 2,1 ÷ 5,1 %) [8], jak i dojrzewającym na mokro (o 2,8 ÷ 7,5 %) [24]. Na wielkość wycieku cieplnego wpływa również metoda obróbki termicznej oraz końcowa temperatura, do której doprowadzane jest mięso [9]. Resumując, można stwierdzić, że pewne starty generowane w trakcie tradycyjnego dojrzewania surowca mogą zostać zrekomensowane mniejszymi ubytkami w czasie jego obróbki termicznej. Niezależnie od tego, aby zrekomensować straty związane z przeprowadzeniem procesu dojrzewania na sucho, cena wołowiny powinna być wyższa (przy zachowaniu porównywalnej wartości sprzedaży netto i marży) od 16 do 20 % w porównaniu z wołowiną pakowaną próżniowo [21].

Praktyki innowacyjne

Jakkolwiek prowadzony wspólnie proces dojrzewania mięsa na sucho, poza pewnymi modyfikacjami istniejących technologii, jest względnie niezmienny i polega na tradycyjnych praktykach, to istnieją już alternatywne rozwiązania mogące zwiększyć wydajność i poprawić jakość wołowiny poddanej tej metodzie dojrzewania.

Dojrzewanie suche w workach wysoko przepuszczalnych dla pary wodnej to zintegrowany system określany mianem **dojrzewania suchego w worku** (ang. *dry aging in a bag*). Stanowi on połączenie tradycyjnego dojrzewania na sucho z metodą dojrzewania na mokro. Folia opakowaniowa przeznaczona dla tego typu dojrzewania to termoplastyczny elastomer o grubości 2 mm, wykonany z elastycznego polimeru i sztywnego poliamidu. Worki znane pod nazwą handlową Tublin®5 i Tublin®10 (Tub-ex ApS, Taars, Dania) charakteryzują się wysoką przepuszczalnością pary wodnej odpowiednio 5000 g i 2500 g/50 µm²/24 h w temp. 38 °C i przy 50-procentowej wilgotności względnej oraz tlenu – 2,3 ml/m²/24 h. Zadaniem tego systemu jest symulacja tradycyjnego dojrzewania na sucho. Pomimo że następuje utrata wilgoci z produktu, to ilość silnie obsuszonej powierzchniowej warstwy mięsa jest mniejsza. Worki ograniczają również dostęp powietrza w trakcie przechowywania, co w efekcie wymaga mniej rygorystycznego nadzoru nad jego jakością [11].

W badaniach [1] wykazano, że wydajność elementów handlowych poddanych dojrzewaniu na sucho w specjalnych workach, w porównaniu z odpowiednikami dojrzewającymi na sucho sposobem tradycyjnym, była znacznie większa (mniejszy ubytek masy i straty związane z wykrawaniem). Ponadto elementy charakteryzowały się lep-

szym statusem mikrobiologicznym oraz porównywalnym poziomem cech sensorycznych.

Niedogodnościami związanymi ze stosowaniem dojrzewania suchego w worku mogą być problemy ze zgrzewaniem worków podczas pakowania próżniowego oraz niebezpieczeństwo ich rozszczelnienia w trakcie chłodniczego przechowywania [10]. Użycie worków, nawet przy uwzględnieniu mniejszych strat produktu, podnosi jednak cenę za każdy kilogram wołowiny przeciętnie o ok. 1,5 USD [10].

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie **biopolimerów** jako aktywnych materiałów opakowaniowych. Gudjónsdóttir i wsp. [11] wykorzystali do tego celu maty z nano- i mikrowłókien chitozanu – naturalnego, nietoksycznego i biodegradowalnego polimerem o właściwościach antybakteryjnych. Autorzy wykazali, że zapakowana w ten sposób wołowina odznaczała się większą wydajnością (mniejszymi ubytkami), lepszym statusem mikrobiologicznym (mniejszą liczbą bakterii tlenowych, drożdży i pleśni), jaśniejszą barwą oraz mniejszą denaturacją białek mięśniowych w porównaniu ze stekami dojrzewającymi tradycyjnie na sucho [11].

W urządzeniach do dojrzewania w celu zmniejszenia ryzyka rozwoju mikroorganizmów, a tym samym poprawy trwałości mięsa, można wykorzystać również **promieniowanie ultrafioletowe (UV)**. Wykazano [8], że promieniowanie UV o długości fali w zakresie 200 ÷ 300 nm jest skuteczne w dezaktywowaniu lub uszkodzeniu mikroorganizmów. Im promieniowanie UV jest bliżej powierzchni mięsa, tym efekt bakteriobójczy jest skuteczniejszy. Jednakże mikroorganizmy mogą namnażać się w obszarach, gdzie promieniowanie UV rzuca cienie np. na szorstkich powierzchniach elementów zasadniczych tuszy. Zalecana liczba lamp UV w komorze chłodniczej to 1 sztuka na 5 m² powierzchni. Sugeruje się wymianę lamp UV co 6 miesięcy w celu utrzymania efektywności promieniowania [10]. Co więcej, nie zawsze surowiec musi być ekspozycyjny na bezpośrednie działanie promieniowania UV. Promieniowanie to może zostać użyte do dezynfekcji powietrza w urządzeniach dojrzewalniczych [38].

Niekonwencjonalną technologią, którą można wykorzystać do oczyszczania powietrza w produkcji mięsa jest opatentowana w Australii (BAXX Australia Pty Ltd, Frenchs Forest, NSW) **zimna plazma** wykorzystywana do niszczenia bakterii, wirusów i zarodników grzybów przenoszonych drogą powietrzną. Jednostki hydroksylowe powstające w wyniku oddziaływania plazmy z cząsteczkami wody zawartej w powietrzu wiążą się ze ścianami komórkowymi mikroorganizmów, zakłócając ich metabolizm i przyczyniając się do ich niszczenia [10].

W sytuacji, gdy występują problemy z kontrolą wilgotności względnej powietrza w urządzeniach do dojrzewania, możliwe jest stosownie **bloków soli** (ścian solnych) o właściwościach higroskopijnych [10]. Wpływ zastosowanego w nich rodzaju soli na cechy sensoryczne mięsa nie został dotychczas potwierdzony w badaniach [10], jak-

kolwiek spotyka się informacje [5] wskazujące, że użycie np. soli himalajskiej sprzyja intensyfikacji smaku produktu.

Podsumowanie

Wołowina dojrzewająca na mokro w opakowaniu próżniowym zdominowała rynek mięsa dzięki możliwości poprawy jej kruchości, przy jednoczesnym ograniczaniu ubytków. Dojrzewanie na sucho wypełnia obecnie niszę dla tych konsumentów, którzy chcą zapłacić za coś, co może być uznane za luksus, a nie konieczność. Jedynie proces dojrzewania na sucho pozwala uzyskać wołowinę o unikatowej smakowitości, dlatego jest ona wciąż pożądana przez konsumentów. Zabieg ten jest jednak przedsięwzięciem kosztownym ze względu na konieczność zapewnienia odpowiednich warunków, niezbędnych do przebiegu prawidłowego procesu dojrzewania i osiągnięcia oczekiwanej smakowitości. Konieczne jest również zapewnienie odpowiedniego surowca, tj. mięsa najwyższej jakości z odpowiednią marmurkowatością. Ponadto straty poniesione na etapie dojrzewania, a związana z niższą wydajnością surowca (wyższymi ubytkami), wymagają rekompensaty, co przekłada się na wyższe ceny w handlu detalicznym lub gastronomii. Biorąc pod uwagę znaczący wzrost zainteresowania wołowiną dojrzewającą na sucho i popytu na nią, jak również stale istniejący rynek konsumentów o wysokich wymaganiach, którzy są gotowi zapłacić więcej za taki produkt, wskazane jest kontynuowanie ukierunkowanych badań, uwzględniających zmodyfikowane warunki dla tej metody dojrzewania. Uzyskane wyniki w postaci wytycznych i zaleceń powinny stanowić cenne wskazówki dla przetwórców i sprzedawców detalicznych, zainteresowanych produkcją tego typu wołowiny.

Pracę zrealizowano w ramach „Projektu finansowanego w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022, nr projektu 029/RID/2018/19, kwota finansowania 11 927 330,00 zł”

Literatura

- [1] 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.
- [2] AMPC and MLA: Meat Technology Update. Dry Ageing of Beef. [on line]. Australian Meat Processor Corporation and Meat and Livestock Australia, 2010. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <https://www.mla.com.au/download/finalreports?itemId=3169>
- [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] Blok soli himalajskiej. [on line]. Firma CHRIS. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <http://dry-ager.pl/>
- [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] Dashdorj D., Tripathi V.K., Cho S., Kim Y., Hwang I.: Dry aging of beef – Review. *J. Anim. Sci. Technol.*, 2016, 58, #20. DOI: 10.1186/s40781-016-0101-9.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Galletly J.: Dry aged beef – design and good manufacturing practices review. Final report. Meat and Livestock Australia Ltd, Sydney 2016.
- [11] Guđjónsdóttir M., Gacutan M.D., Mendes A.C., Chronakis I.S., Jespersen L., Karlsson A.H.: Effects of electrospun chitosan wrapping for dry-ageing of beef, as studied by microbiological, physico-chemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis. *Food Chem.*, 2015, 184, 167-175.
- [12] Guelker M.R., Haneklaus A.N., Brooks J.C., Carr C.C., Delmore R.J. Jr., Griffin D.B., Hale D.S., Harris K.B., Mafi G.G., Johnson D.D., Lorenzen C.L., Maddock R.J., Martin J.N., Miller R.K., Raines C.R., VanOverbeke D.L., Vedral L.L., Wasser B.E., Savell J.W.: National Beef Tenderness Survey - 2010: Warner-Bratzler shear-force values and sensory-panel ratings for beef steaks from United States retail and foodservice establishments. *J. Anim. Sci.*, 2013, 91, 1005-1014.
- [13] Harbi Meat: Wołowina sezonowana na sucho ma bogatszy smak. [on line]. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <http://www.portalspozywczy.pl/mieso/wiadomosci/harbi-meat-wołowina-sezonowana-na-sucho-ma-bogatszy-smak,155009.html>
- [14] Hodges J.H., Cahill V.R., Ockerman H.W.: Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts. *J. Food Sci.*, 1974, 39, 143-146.
- [15] 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.
- [16] Iida F., Miyazaki Y., Tsuyuki R., Kato K., Egusa A., Ogoshi H., Nishimura, T.: Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. *Meat Sci.*, 2016, 112, 46-51.
- [17] Jeremiah L.E., Gibson L.L.: The effects of *post mortem* product handling and aging time on beef palatability. *Food Res. Internat.*, 2003, 36, 929-941.
- [18] Kemp C.M., Sensky P.L., Bardsley R.G., Buttery P.J., Parr T.: Tenderness – an enzymatic view. *Meat Sci.*, 2010, 84, 248-256.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Lepper-Blilie A.N., Berg E.P., Buchanan D.S., Berg P.T.: Effects of *post mortem* aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Sci.*, 2016, 112, 63-68.
- [22] 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.

- [23] 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.
- [24] Nishimura T., Rhue M.R., Okitani A., Kato H.: Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agric. Biol. Chem.*, 1988, 52, 2323-2330.
- [25] Obuz E., Akkaya L., Gök V., Dikeman M.E.: Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of *Longissimus lumborum* steaks from cull Holstein cows. *Meat Sci.*, 2014, 96, 1227-1232.
- [26] 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. *J. Food Sci.*, 1991, 56, 601-603.
- [27] Perry N.: Dry aging beef. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 2012, 1, 78-80.
- [28] Richardson R.I., Nute G.R., Wood J.D.: Effect of wet vs dry ageing on eating quality of beef from traditional breeds. *Proc. 54th ICoMST, CapeTown, South Africa, 2008*, pp. 1993-1995.
- [29] Ryu S., Park M.R., Maburutse B.E., Lee S.J., Lee W.J., Cho S., Kim, Y.: Diversity and characteristics of meat microbiological community on dry aged beef. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 2018, 28, 105-108.
- [30] Savell J.W.: Dry-aging of beef: Executive Summary. Center for Research and Knowledge Management. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, Colorado, 2008.
- [31] Savell J.W., Harris K.B., Miller R.K., Griffin D.B., Laster M.A., Voges K.L.: Tenderness, Flavor and Yield Assessments of Dry Aged Beef: Project Summary. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, Colorado, 2007.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] Smith R., Nicholson K., Nicholson J., Harris K., Miller R., Griffin D., Savell J.W.: 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.
- [35] 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.
- [36] United States Meat Export Federation: Guidelines for U.S. Dry-aged Beef for International Markets. [on line]. USMEF. Dostęp w Internecie [25.03.2019]: <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>
- [37] Velotto S., Pagano F., Barone C.M.A., Esposito M., Civale G., Crasto A.: Effect of aging technologies on some qualitative characteristics of *Longissimus dorsi* muscle of Marchigiana beef. *Agron. Res.*, 2015, 13 (4), 1143-1151
- [38] Warren K.E., Kastner C.L.: A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *J. Muscle Foods*, 1992, 3, 151-157.

DRY AGEING OF BEEF – TECHNOLOGICAL ASPECTS

S u m m a r y

Beef ageing can be carried out in two ways, i.e. dry and wet. The historically older method that leads to the improvement of sensory characteristics (tenderness, juiciness, and palatability) is dry ageing of beef. However since the vacuum packaging was introduced in the 1970s, wet ageing began to prevail as a basic

method of distribution, storage, and ageing of beef. Dry ageing fills a niche for the consumers willing to pay for something that may be considered a luxury rather than a necessity. It should also be emphasized that only the dry ageing process makes it possible to produce beef meat showing a unique flavour profile. However this treatment is an expensive venture because it is essential to provide both the proper raw material, i.e. meat of the highest quality grade with proper marbling and the controlled conditions of the microclimate in ageing rooms, which are indispensable for this process to run in the correct way. In addition, the losses incurred at the dry ageing stage and associated with a lower product yield (higher losses) mean a ca. 20 % higher price compared to that of the product ageing under vacuum conditions. Although dry beef ageing has been practiced for decades, the optimal process conditions have not yet been clearly defined. In the reference literature, the most frequently reported parameters are: temperature ranging between 0 and 4 °C; relative humidity – 75 ÷ 85 % and air flow velocity – 0.2 ÷ 2.5 m/s. The dry beef ageing period is similar to that of wet ageing (usually from 14 to 35 days), although sometimes it can be increased by 2 or even 8 months. It should be stressed, that recently a significant increase has been found in the interest and demand for dry-ageing beef, which is linked with greater affluence of consumers, their growing awareness and with their search for new culinary experiences. This type of beef is considered to be a premium product, which is unique and of high quality, albeit more expensive.

Key words: beef, dry-ageing, process parameters, product quality, losses, innovative solutions 