



Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie



Publikacja opracowana jest w ramach operacji pn.
Badania i opracowanie technologii produkcji mięsa wieprzowego w kierunku wydłużenia trwałości przechowalniczej, a także zachowania właściwości odżywczych, prozdrowotnych oraz przetwórczo-użytkowych tego surowca i jego produktów
współfinansowanej ze środków Unii Europejskiej w ramach Działania Współpraca PROW 2014-2020

dr inż. Julian Kozioł
pracownik naukowy Politechniki Rzeszowskiej

Heurystyczne algorytmy oceny jakości i trwałości mięsa wieprzowego

Opracowano w ramach badań obejmujących problematykę hodowli trzody chlewnej w gospodarstwach dostawców tuczników do Zakładu Mięsnego „SMAK-GÓRNO” z uwzględnieniem wpływu czynników chowu i hodowli oraz dostaw i uboju na jakość i trwałość mięsa wieprzowego.

Grupa Operacyjna AGRO-KARPATY
Uniwersytet Rzeszowski
Zakład Mięsny SMAK-GÓRNO Sp. z o.o.
Gospodarstwo Rolne Danuta i Mieczysław Kobiernik
Centrum Badawczo-Rozwojowe – Spółdzielnia AGRO-KARPATY
Stowarzyszenie Klaster Rolno-Spożywczy ”AGRO-Karpaty”

Rzeszów 2021

HEURYSTYCZNE ALGORYTMY W ZAKRESIE OCENY JAKOŚCI I TRWAŁOŚCI MIĘSA WIEPRZOWEGO

Z punktu widzenia konsumenta, jakość mięsa oprócz aspektów wizualnych i bezpieczeństwa konsumpcyjnego związanego z niskim poziomem drobnoustrojów, pozostałości leków, metali ciężkich, pestycydów i mykotoksyn, dotyczy przede wszystkim jego wartości odżywczej, właściwości technologicznych i cech organoleptycznych (sensorycznych). Po uboju, wskutek przerwania procesów życiowych zachodzących w mięśniach, dochodzi do rozkładu glikogenu do kwasu mlekowego, wchłanianego przez substancje białkowe włókien mięśniowych. Zapoczątkowanie rozkładu białek pod wpływem enzymów zawartych w mięsie powoduje rozluźnienie tkanek i uruchomienie procesu dojrzewania. W rezultacie zachodzących przemian mięso dojrzale jest kruche, soczyste i ma przyjemny zapach. Zmienia się również pH mięsa, które jest głównym wyznacznikiem jego jakości, gdyż wpływa na wodochłonność, barwę, kruchość, smakowitość i trwałość, czyli cechy określające przydatność mięsa do spożycia [1].

Celem przeprowadzonych badań było opracowanie algorytmu do analizy cech technologicznych i sensorycznych określających jakość oraz trwałość mięsa pochodzącego od tuczników, w zależności od parametrów przyjętych w systemie oceny jakości mięsa *Pork Quality System* (PQS) [2].

System został opracowany przez Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej (PZHiPTCh) „POLSUS” i Związek „Polskie Mięso”. Został zaakceptowany przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi decyzją z dnia 11 XII 2009 r. Systemu Jakości Wieprzowiny PQS został uznany przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi za krajowy system jakości żywności.

PQS jest kompleksowym systemem produkcji wieprzowiny wysokiej jakości. Jego celem jest produkcja chudego, nieprzetłuszczonego mięsa wieprzowego, przy zachowaniu ważnych dla konsumentów i przetwórców parametrów jakości mięsa. System obejmuje etap produkcji pierwotnej (hodowlę i produkcję/tucz trzody chlewnej), obrót przedubojowy, ubój i przetwórstwo. Opracowane dla Systemu PQS standardy postępowania na każdym z tych etapów wpływają na końcową jakość produktu i gwarantują uzyskanie mięsa wieprzowego o szczególnie wysokiej jakości. Mięso wyprodukowane w Systemie PQS charakteryzuje się szeregiem korzystnych parametrów, które zwiększają jego trwałość, przydatność kulinarną i przetwórczą oraz smakowitość i atrakcyjność wizualną dla konsumentów.

Mięso w systemie PQS ma charakteryzować się [3]:

- 1) barwą mięsa w przedziale - L^* 43–56,
- 2) wodochłonnością (WHC) - określana metodą *drip loss* 2-5%,
- 3) zawartością tłuszczu śródmięśniowego IMF 0.8-2.5%,
- 4) kwasowością mięsa - pH_1 5.8–6.4,
- 5) zawartością mięsa w tuszy przewyższająca średnią mięsność tusz pochodzących ze skupu masowego i wynosząca średnio nie mniej niż 55%,
- 6) odpowiednią barwą tłuszczu (słoniny) - barwa biała, biała z odcieniem kremowym lub lekko różowym,
- 7) jędrną konsystencją tłuszczu,
- 8) mięso powinno być wolne od rybiego zapachu.

Analiza wpływu zmienności badanych cech na jakość mięsa pozwoliła zaproponować wartości graniczne umożliwiające jego ocenę heurystyczną.

1. Algorytm heurystyczny oceny jakości mięsa wieprzowego

Istota opracowanego wskaźnika ogólnej jakości mięsa J_{MW} zasadza się na przyjęciu do jego obliczeń ośmiu składowych odpowiadających kryteriom systemu PQS, które uznano za bezwzględnie obowiązujące. Poszczególne kryteria opisano współczynnikami a_i ($i=1-8$).

Każda z tych składowych przyjmuje wartość 1 w przypadku, gdy dane kryterium jest spełnione oraz 0 jeśli nie jest spełnione. W sytuacji gdy mięso spełnia wszystkie osiem kryteriów PQS, wartość wskaźnika nazwanego J_{PQS} wynosi 80.

$$J_{PQS} = \sum(10 \cdot a_i) \quad i = (1 - 8)$$

W odniesieniu do pięciu pierwszych kryteriów PQS, dla których zdefiniowano przedziały akceptowanych wartości poszczególnych składowych określających jakość mięsa wieprzowego, wartości ($a_i \cdot 10$) uzupełniono o dodatkową wartość b_i ($i=1-5$) opisującą stopień spełnienia danego kryterium i modyfikującą podstawową wartość (J_{PQS}) w granicach do 20 procent, zgodnie ze wzorem:

$$J_{MW(i)} = (10 \cdot a_i) + w_i \cdot b_i \quad i = (1 - 5)$$

Współczynnik wagowy w_i opisuje „ważność” danej cechy z punktu widzenia jej udziału w ogólnej ocenie głównych kryteriów jakości, charakteryzujących właściwości technologiczne i cechy sensoryczne mięsa. Wartości tych współczynników ustalono w oparciu o badania korelacji pomiędzy wpływem cech fizycznych i fizykochemicznych mięsa wieprzowego na jego jakość oraz trwałość [4, 5].

Wartość wskaźnika ogólnej jakości mięsa J_{MW} definiuje wzór:

$$J_{MW} = \sum(10 \cdot a_i + w_i \cdot b_i) \quad i = (1 - 8)$$

Uwaga: Maksymalna wartość wskaźnika J_{MW} według przyjętych a_i , w_i b_i wynosi 100.

Dane niezbędne do obliczeń wartości wskaźników b_i dla poszczególnych cech oraz odpowiadających im współczynników wagowych zawarto w tabelicy 1.

Tablica 1. Współczynniki wpływu (b_i) i wagowe (w_i) cech przyjętych do oceny jakości mięsa wieprzowego

Lp	Nazwa cechy	Wartość b_i	Kryterium wartości b_i	Współcz. wagowy w_i
1	Barwa mięsa ($L \cdot w$ przedziale 43–56) $b_1 = e(7.524L - 0.076L^2 - 183.95)$	10 8 6 4 2 1 0	$L = 48.5 - 50.5$ 47.5-48.49 i 50.51-51.5 46.5-47.49 i 51.51-52.5 45.5-46.49 i 52.51-53.5 44.5-45.49 i 53.51-54.5 43.5-44.49 i 54.51-55.5 43-43.49 i 55.51-56	0.35
2	Wodochłonność <i>water holding capacity</i> (WHC) określana metodą <i>drip loss</i> 2-5% $b_2 = -13.94 \ln(DL) + 22.431$	10 8 6 4 2 1 0	<i>drip loss</i> (DL) = 2-2.5 % 2.51 - 3.0 3.01 - 3.5 3.51 - 4.0 4.01 - 4.5 4.51 - 4.99 5.0	0.40

3	Zawartość tłuszczu śródmięśniowego <i>intramuscular fat content</i> (IMF) 0,8 — 2,5% $b_3 = 8.66 \ln(\text{IMF}) + 1.895$	10	IMF = 2.5-2.1	0.30
		8	1.8-2.09	
		6	1.5-1.79	
		4	1.2-1.49	
		2	0.9-1.19	
		1	0.81-0.89	
		0	0.8	
4	Kwasowość mięsa pH_1 (inaczej pH_{45} - pomiar wykonany 45 min po uboju) 5.8-6.4 $b_4 = 17.128\text{pH}_1 - 99.443$	10	$\text{pH}_1 = 6.3-6.4$	0.50
		8	6.2-6.29	
		6	6.1-6.19	
		4	6.0-6.09	
		2	5.9-5.99	
		1	5.81-5.89	
		0	5.8	
5	Zawartość mięsa w tuszy <i>carcass meatiness level</i> (CML) przewyższająca średnią mięsność tusz pochodzących ze skupu nie mniej niż 55% $b_5 = 1.9717\text{CML} - 108.34$	10	CML = 60 %	0.45
		8	59	
		6	58	
		4	57	
		2	56	
		1	55	
		0	<55	
6,7,8	Dla cech: - barwa tłuszczu, - jędrność tłuszczu, - brak rybiego zapachu	$b_i = 0$		$w_i = 0$

2. Algorytm heurystyczny oceny trwałości mięsa wieprzowego

W celu weryfikacji jakości mięsa w praktyce przemysłowej, oprócz oceny opisanych cech, powszechnie stosowaną metodą są pomiary pH. Wykonywanie tych pomiarów w dwóch terminach – 45 minut (pH_{45}) i 24 godziny (pH_{24}) po uboju – pozwala na zdiagnozowanie najczęściej występujących wad: PSE (*pale*-jasne, *soft*-delikatne, *exudative*-cieknące), DFD (*dark*-ciemne, *firm*-twarde, *dry*-suche) [6].

Mięso PSE charakteryzuje jasna barwa, miękka konsystencja i obniżona wodochłonność, objawiająca się wilgotną powierzchnią przekroju mięśnia oraz dużym wyciekaniem wody. Wada PSE jest następstwem gwałtownego przebiegu beztlenowej glikolizy, co prowadzi do szybkiego i nadmiernego gromadzenia się w mięśniach kwasu mlekowego, a w następstwie znacznego obniżenia pH. W wyniku uwolnienia jonów wapnia oraz wydzielania się ciepła, u zwierząt bardzo podatnych na stres, dochodzi na skutek nieprawidłowego przebiegu niektórych reakcji w ciągu 45 minut od momentu uboju do obniżenia pH z 7.0 przed ubojem, do wartości 5.5÷5.3 oraz podwyższenia temperatury do 41.5÷43°C. W wyniku współdziałania obydwu tych czynników dochodzi do denaturacji białek miofibrylarnych w tkance mięśniowej, w krótkim czasie po uboju tuczników. Denaturacji ulega również mioglobina, która wraz ze zmienioną strukturą pozostałych białek daje większe odbicie światła czego następstwem jest wzrokowe wrażenie jasnej barwy mięsa. Nadmierne obniżenie pH w mięśniach tuczników z wadą PSE stanowi bezpośrednią przyczynę zmniejszenia aktywności jonowej białka, mniejszej rozpuszczalności i znacznego obniżenia zdolności wiązania wody. Zaawansowana wodnistość zmienia strukturę tkanki mięśniowej, która traci swoją spoistość.

Mięso wodniste ma obniżoną wartość przetwórczą i trwałość oraz gorsze walory smakowe. Wydajność przetworów mięsnych z mięsa wodnistej jest niższa o około 4÷5% [7].

Wadę mięsa DFD zalicza się podobnie jak wadę PSE do typowych odchyień jakościowych, jednak w przypadku mięsa wieprzowego występowanie jej jest o wiele rzadsze. Powszechnie uważa się, że mięso typu DFD powstaje w całej tuszy lub tylko w niektórych mięśniach, kiedy dojdzie do wyczerpania zapasów glikogenu mięśniowego przed ubojem zwierzęcia, który jest źródłem energii dla pracujących mięśni i źródłem powstającego kwasu mlekowego, determinującego wartość pH mięsa po uboju [8]. Nieobecność glikogenu lub jego mała ilość w mięśniach zwierzęcia przed ubojem uniemożliwiają poubojowe zakwaszenie tkanek, co z kolei nie pozwala na oddziaływanie enzymów proteolitycznych zachodzące w środowisku kwaśnym, odpowiedzialnych za dojrzewanie mięsa. Mięso takie jest więc bardziej podatne na procesy rozkładu, co ogranicza jego trwałość do 2÷3 dni i praktycznie wyklucza możliwość przeznaczenia go do produkcji wędlin trwałych. Mięso DFD jest wykorzystywane do wytwarzania mocno rozdrobnionych (emulgowanych) kiełbas parzonych, gdyż cechuje je duża wodochłonność. Niestety, równocześnie jest ono podatne na rozkład mikrobiologiczny, dlatego ma małą przydatność jako surowiec kulinarny.

Pomiary wartości pH₄₅ i pH₂₄ pozwalają z dużym prawdopodobieństwem zdiagnozować mięso z normalnym przebiegiem glikolizy (mięso RFN-*red, firm, normal*) uzyskujące wysokie cechy jakościowe i oddzielenie go od mięs wykazujących odchylenia jakościowe typu PSE, DFD czy ASE (*acidic* – kwaśne, *soft* – delikatne, *exudative* – ciekące), którego przyczyną jest przede wszystkim oddziaływanie czynnika genetycznego, nie wykazuje bardzo niskiego pH bezpośrednio po uboju. Po upływie jednak kilku godzin zakwaszenie ulega ciągłemu wzrostowi i w końcowym efekcie pH może osiągnąć wartość nawet poniżej 5.4.

Spotykaną również wadą mięsa, jaką ujawniają pomiary pH jest RSE (*red* – czerwone, *soft* – delikatne, *exudative* – ciekące). Wada ta powoduje ubytki masy w wyniku dużego wycieku soku mięsnego, a w efekcie straty natury ekonomicznej.

Mięso charakteryzowane jako RFN zakwasza się w przypadku wieprzowiny do wartości pH = 5,4 - 5,8 w ciągu 6-12 godzin od uboju, a wartość pH₄₅ kształtuje się powyżej 6.3. Dynamika przebiegu zakwaszania się takiego mięsa powoduje uzyskanie pH₂₄ w zakresie 5.5-5.7. Poziom ten staje się dla mięsa wieprzowego wartością ułtymatywną (pH_{ult}). Zmiana kwasowości prowadząca do osiągnięcia poziomu wartości pH = 5.8-6.0 zapewnia stabilność i trwałość charakterystycznej barwy mięsa. Mięso wykazuje znaczący wzrost wodochłonności, co gwarantuje jego dobrą soczystość i ogranicza wielkość ubytków cieplnych przy zastosowanej ewentualnie, obróbce termicznej.

Charakterystyki jakościowe mięsa wieprzowego powiązane z mierzonymi wartościami pH zestawiono w tablicy 2. W przypadku mięsa o najlepszej jakości (RFN) spadek wartości pH w ciągu 24 godzin po uboju wynosi około 0.8, zaś w przypadku mięs wadliwych przekracza tę wartość albo jest ona mała, rzędu 0.3 jPH [6].

Tablica 2. Parametry jakościowe tusz wieprzowych według oceny mięśnia najdłuższego grzbietu [6]

Kryterium oceny	Grupy jakościowe				
	RFN	PSE	RSE	ASE	DFD
pH ₄₅	>6.3	≤5.8	5.9÷6.3	>6.3	>6.3
pH ₂₄	5.5÷5.7	≤5.5	≤5.5	≤5.5	>6
Zmiana pH (spadek)	0.8	0.3	>0.8	>0.8	≤0.3
Wyciek swobodny [%]	2÷5	>5	>5	>5	<2
Jasność barwy [L]	52÷58	>58	52÷58	>58	<52

W praktyce wartość pH mięsa decyduje nie tylko o właściwościach kulinarnych ale też ze względu na konserwujące właściwości kwasu mlekowego, o trwałości przechowalniczej surowca wynikającej ze zróżnicowania warunków rozwoju mikroflory (obniżenie pH do 6,2÷5,6 stwarza niekorzystne środowisko dla rozwoju drobnoustrojów).

Im więcej drobnoustrojów rozwija się na powierzchni tym mniejsza trwałość mięsa i szybciej wystąpią w nim zmiany, m.in. zapachowe, limitujące okres jego przydatności do spożycia. Według *Kreyenschmidt* i współpr. [9] ogólna liczba drobnoustrojów rzędu 10^8 jtk/g jest przeciętną wartością podawaną w literaturze jako graniczna dla zachowania trwałości mięsa. Czas po jakim zostanie osiągnięty wymieniony poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego, praktycznie zależy od ogólnej jakości mięsa, ustalonej wartości pH_{ult} , początkowej liczby drobnoustrojów na powierzchni mięsa i temperatury jego przechowywania.

Stopień zanieczyszczenia powierzchni tkanki mięśniowej jest odzwierciedleniem warunków higienicznych podczas uboju i wstępnej obróbki tuszy. Jak podano w literaturze [10] stan higieniczny zakładu, w którym stwierdzono początkową obecność drobnoustrojów w liczbie mniej niż 5×10^2 jtk/cm², pozwolił przechować mięso o dobrych parametrach (w temperaturze 2°C) przez 18-20 dni, dla 5×10^2 - 9.9×10^2 jtk/cm² przez 15-17 dni, 10^3 - 9.9×10^3 jtk/cm² przez 12-14 dni, do 10^5 jtk/cm² 9-11 dni a powyżej 10^6 jtk/cm² przez mniej niż 9 dni.

Jak wynika z przedstawionego opisu, trwałość mięsa świeżego zależy w dużym stopniu od temperatury jego przechowywania. Im wyższa jest ta temperatura tym szybciej następują procesy psucia. Uważa się, że trwałość mięsa schłodzonego natychmiast po uboju i przechowywanego w temperaturze 6°C wynosi średnio 4÷6 dni, a w temperaturze 0°C 10÷12 dni, przy uwzględnieniu przeciętnego poziomu wstępnego zakażenia powierzchni mięsa drobnoustrojami [11].

Warto zauważyć, że trwałość wieprzowiny jest też w znacznej mierze ograniczana zmianą barwy, która następuje wcześniej niż zepsucie mikrobiologiczne. Zmiana barwy i psucie się mięsa, rozpoczynają się od powierzchni narażonych na bezpośredni kontakt z tlenem. Na pogorszenie barwy mięsa ma wpływ wydłużony czas przechowywania i zwiększone stężenie tlenu [12].

Reasumując, na trwałość mięsa wieprzowego w stanie surowym decydujący wpływ mają cztery podstawowe czynniki. Pierwszy z nich to jakość mięsa, która warunkuje osiągnięcie prawidłowego stopnia jego zakwaszenia w ciągu 24 godzin od uboju. Kolejny czynnik to sprawne wychłodzenie tusz po uboju i przechowywanie ich w odpowiednio niskiej temperaturze, najlepiej około 2°C. Wreszcie stan higieniczny środowiska na terenie ubojni decydujący o początkowej liczbie drobnoustrojów osadzających się na powierzchni mięsa. Drobnoustroje te rozwijają się tym wolniej im niższa jest temperatura przechowywania mięsa.

Uwzględniając opisane czynniki, można zaproponować następujący, opisany liczbowo, **wskaźnik charakteryzujący trwałość pozyskanego mięsa wieprzowego:**

$$T_{MW} = 1/(2.1(\Delta pH)^3 - 2.3(\Delta pH)^2 + 0.5) + 0.1 \cdot J_{MW}/(1 + T_{prz}) + 0.1 \cdot J_{MW}/lg(Ljtk/g)$$

gdzie: ΔpH opisuje różnicę wartości pH mięsa zmierzoną 45 minut i 24 godziny po uboju ($\Delta pH = pH_{45} - pH_{24}$), T_{prz} – temperatura przechowywania mięsa wyrażona w [°C], L jtk/g to liczba drobnoustrojów określona w mięsie próbki pobranej do badań bezpośrednio po uboju.

Zaproponowany wskaźnik T_{MW} pozwala na wyłącznie jakościowe oszacowanie trwałości świeżego mięsa wieprzowego i uwzględnia wartości tych czynników, które ograniczają rozwój mikroflory powodującej psucie się mięsa surowego podczas jego przechowywania w stanie schłodzonym. Im większa wartość tego wskaźnika w przedziale od 1-25, tym dłużej mięso zachowuje walory świeżości. Można go zatem wykorzystać do optymalizacji przetwórstwa w zakładzie mięsnym, kierując do produkcji poszczególnych asortymentów mięso o odpowiednio dopasowanych wskaźnikach jakości i trwałości. Wskaźnik T_{MW} może także służyć do porównania jakości surowca dostarczanego do zakładu mięsnego, stanowić może cenną informację dla hodowców tuczników.

Jednak w żadnym razie zależność służąca do obliczeń T_{MW} nie może być traktowana jako model, który można wykorzystać do prognozowania liczby dni, kiedy poziom drobno-ustrojów i inne parametry mięsa osiągną wartości limitujące jego przydatność do spożycia. Taka funkcja opracowanego modelu wymaga dalszych badań w oparciu o odpowiednio dużą liczbę rzeczywistych przykładów oraz wystarczająco obszerny zbiór danych z przeprowadzonych pomiarów laboratoryjnych. Potrzebne jest również uściślenie opracowanej zależności matematycznej z uwzględnieniem aktualnego stanu badań nad podobnymi modelami do prognozowania trwałości mięsa i jego przetworów [13].

Podobnych jak w przedstawionych wyżej, heurystycznych opracowań wskaźnika oceny jakości mięsa wieprzowego (J_{MW}) oraz wskaźnika oceny trwałości mięsa wieprzowego (T_{MW}), nie spotkano w dostępnej literaturze naukowej.

3. Przykłady obliczeń wskaźnika trwałości surowego mięsa świeżego T_{MW} , Możliwości wykorzystania wskaźnika w działalności zakładu mięsnego

Niżej przedstawiono przykłady obliczeń wskaźnika trwałości surowego mięsa świeżego T_{MW} przy założeniu, że wskaźnik jakości mięsa wieprzowego według opracowanego wyżej algorytmu heurystycznego ma maksymalną wartość 100):

- 1) Jeśli J_{MW} (wskaźnik jakości mięsa wieprzowego według opracowanego wyżej algorytmu heurystycznego) wynosi 100, ΔpH wynosi 0.8, mięso przechowywane jest w 0 °C oraz na początku było np. 500 bakterii w 1 g mięsa (logarytm z tej liczby wynosi 2.7) to

$$T_{MW} = 1/[2.1 \cdot 0.8^3 - 2.3 \cdot 0.8^2 + 0.5] + 0.1 \cdot 100/[1+0] + 0.1 \cdot 100/[\lg(500)] = 9.69+10+3.7 = 23.4$$

- 2) W prawie sterylnych warunkach np. gdy stwierdzono obecność 100 bakterii na g mięsa ($\lg(100)=2$ to w sytuacji gdy pozostałe czynniki mają te same wartości jak w przykładzie 1),

$$T_{MW} = 9.69+10+5 = 24.69$$

- 3) Jednak w gorszych warunkach higienicznych, gdy na początku było np. $5 \cdot 10^5$ bakterii w 1 g mięsa oraz przechowano go w 5°C, to pomimo wysokiej jakości mięsa $J_{MW} = 100$,

$$T_{MW} = 1/[2.1 \cdot 0.8^3 - 2.3 \cdot 0.8^2 + 0.5] + 0.1 \cdot 100/[1+5] + 0.1 \cdot 100/[\lg(500000)] = 9.69+1.67+1.75 = 13.11$$

Literatura

- [1] R.L.J.M. Van Laack, R.G. Kauffman, M.L. Greaser, Determinants of ultimate pH of meat. Proc. 47th Int. Congr. of Meat Science and Technology, Kraków 2001, pp. 22-26.
- [2] System Jakości Wieprzowiny PQS z dn. 25.11.2013, wyd. Polsus i Polskie Mięso, <https://www.polsus.pl>.
- [3] D. Knecht, Wieprzowina PQS — czyli jaka?, agroFakt 18 październik 2019, <https://www.agrofakt.pl>.
- [4] K. Kajak, W. Przybylski, D. Jaworska, E. Rosiak, Charakterystyka jakości technologicznej, sensorycznej i trwałości mięsa wieprzowego o zróżnicowanej końcowej wartości pH, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 1 (50), (2007) 26–34.
- [5] W. Przybylski, D. Jaworska, E. Czarniecka-Skubina, K. Kajak-Siemaszko, Ocena możliwości wyodrębniania mięsa kulinarnego o wysokiej jakości z uwzględnieniem mięsności tuczników, pomiaru barwy i pH z zastosowaniem analizy skupień, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, , 4 (59), (2008) 43–51.
- [6] E. Pospiech, Diagnozowanie odchyłń jakości mięsa. Gosp. Mięs., 4, (2000), 68–71.
- [7] J. Wajdzik, Charakterystyka mięsa o dobrej jakości, 5 marzec 2018, <https://informatormasarski.pl/maszyny-i-technologie>.
- [8] K. Jakubowski, Czynniki poubojowe warunkujące jakość mięsa, 24 lipiec 2019, <https://www.spozywczetechnologie.pl/miesne-technologie>.
- [9] J. Kreyenschmidt, K. Lohmeyer, N. Stahl, Charakterisierung des Verderbs von Frischfleisch. Fleischwirtschaft, 10 (82) (2002) 108-111.
- [10] Z. Walczak, E. Czerwińska, Czynniki wpływające na jakość mikrobiologiczną mięsa, Mięsne technologie, jesień 2013 (III), Jan 16, (2018) 16-18.
- [11] Podstawowe procesy technologii chłodniczej, <https://home.cyf-kr.edu.pl/~rrmaciej/czesc2.pdf>
- [12] A. Znamiorska, M. Zin, Historia konserwowania mięsa, cz. II. Gospodarka Mięsna, nr 2 (2003) 34.
- [13] S. Bruckner, A. Albrecht, B. Petersen, J. Kreyenschmidt, A predictive shelf life model as a tool for the improvement of quality management in pork and poultry chains, Food Control 29 (2013) 451-460.