



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

Mariusz Rudy<sup>1</sup>, Marian Gil<sup>1</sup>, Renata Stanisławczyk<sup>1</sup>, Jagoda Żurek<sup>1</sup>, Janusz Mroczek<sup>1</sup>, Bogdan Saletnik<sup>2</sup>, Edyta Zagrobelna<sup>2</sup>

## Zastosowanie ultradźwięków do utrwalania mięsa wieprzowego przechowywanego chłodniczo

### *The use of ultrasounds to preserve pork meat stored cooled*

Adres: dr hab. inż. Mariusz Rudy, prof. UR

<sup>1</sup> Zakład Przetwórstwa i Towaroznawstwa Rolniczego, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Żelwerowicza 4/D9, 35-601 Rzeszów,

e-mail: [mrudy@ur.edu.pl](mailto:mrudy@ur.edu.pl)

<sup>2</sup> Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Instytut Technologii Żywności i Żywnienia, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Żelwerowicza 4/D9, 35-601 Rzeszów,

### Summary

Sonification is an innovative technology that is used in meat preservation and does not usually cause adverse quality changes. The aim of the study was to investigate the effect of the use of ultrasound (sonification) on the physicochemical, technological and sensory properties, as well as the nutritional value and durability of pork (ham, shoulder and loin) refrigerated. The research material consisted of muscle samples: hams (semi-membranous - *m. semimembranosus*); scapulae (supraspinatus - *m. supraspinatus* and subcapsular - *m. infraspinatus*); pork loin (the longest back - *m. longissimus dorsi*) obtained from 20 pork half-carasses from individual farmers in the south-eastern region of Poland, weighing ante-mortem from 110 to 120 kg. The use of ultrasound did not extend the shelf life of pork for all analyzed muscles. On the other hand, the applied treatment had a positive effect on the TBARS index, because for all analyzed pork muscles, the values of this characteristic were most often reduced in all periods of refrigerated storage.

## Wstęp

Innowacyjną technologią, która ma zastosowanie w utrwalaniu mięsa i nie powoduje niekorzystnych zmian jakościowych jest sonifikacja, inaczej ultradźwięki. Metoda ta wykorzystuje fale akustyczne o częstotliwości powyżej 20 kHz, które mają coraz większe zastosowanie w przemyśle mięsnym [Nowicka i in. 2014]. Ogólnie w technologii żywności wykorzystuje się przede wszystkim fale ultradźwiękowe dużej mocy i małej częstotliwości od 20 do 100kHz. Wywołują one efekt kawitacji, który wpływa na fizykochemiczne oraz biochemiczne właściwości materiału, a szczególnie na dezintegrację struktur komórkowych. [Dolatowski i in. 2007, Kapturowska i in. 2011]. Niszczenie ścian, błon komórkowych oraz DNA powoduje inaktywację mikroorganizmów, a także może ułatwiać uwalnianie zawartości komórek do środowiska. Szczególnie dobre efekty niszczeniu komórek drobnoustrojów uzyskuje się na skutek połączenia sonifikacji ultradźwiękowej z właściwie dobranym wysokim ciśnieniem [Dolatowski i Stasiak 2002, Sip 2010].

Ultradźwięki mogą kojarzyć się z czymś niebezpiecznym lub groźnym dla zdrowia człowieka. W praktyce natomiast okazuje się, że przez ich odpowiednie zastosowanie można wpłynąć korzystnie na zawartość substancji bioaktywnych, bardzo cennych z żywieniowego punktu widzenia. Podniesienie czystości mikrobiologicznej produktów jest istotne dla zdrowia konsumenta, ponieważ ogranicza ryzyko wystąpienia chorób związanych z układem pokarmowych. Nie ma również przesłanek, które mogłyby sugerować negatywny wpływ stosowania sonifikacji do utrwalania wyrobów mięsnych. Wręcz przeciwnie dzięki tej metodzie można znacząco ograniczyć stosowanie substancji chemicznych i konserwantów do żywności. Mięso poddane wpływom ultradźwięków starzeje się wolniej i wykazuje mniejsze niekorzystne zmiany mikrobiologiczne w porównaniu do mięsa niepoddanego sonifikacji [Łukasz i in. 2005]. Stosowanie ultradźwięków w przetwórstwie żywności w głównej mierze ma na celu również poprawę wydajności procesów technologicznych oraz zredukowanie czasu i kosztów produkcji. Takie rozwiązanie nie wymaga również dużych nakładów energii.

Celem pracy było zbadanie wpływu zastosowania ultradźwięków (sonifikacji) na właściwości fizykochemiczne, technologiczne, sensoryczne oraz wartość odżywczą i trwałość mięsa wieprzowego (szynka, łopatka i schab) przechowywanego chłodniczo.

### Material i metodyka badań

Material badawczy stanowiły próby mięśni: szynki (półbloniasty - *m. semimembranosus*); łopatki (nadgrzebieniowy – *m. supraspinatus* i podgrzebieniowy – *m. infraspinatus*); schabu (najdłuższy grzbietu – *m. longissimus dorsi*) pozyskane z półtuszy wieprzowych, pochodzących od rolników indywidualnych z regionu południowo-wschodniej Polski o wadze przedubowej od 110 do 120 kg. Zwierzęta po transporcie przetrzymywano w magazynach żywca przez około 5 godzin. Uboju dokonano zgodnie z metodyką obowiązującą w przemyśle mięsnym. Przed ubojem zwierzęta poddawano oszłamianiu elektrycznemu. Każdy mięsień dzielono na 6 części, z których 3 stanowiły próbki kontrolne a pozostałe zostały poddane działaniu ultradźwięków (stymulacja w środowisku wodnym, trwająca 1 - 5 minut, przy częstotliwości 35 kHz i poziomie natężenia impulsu 100 dB). Następnie próby zostały poddane przechowywaniu chłodniczemu (temperatura  $3^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) przez okres 1, 7 i 10 dni. Po każdym okresie przechowywania chłodniczego na próbkach kontrolnych oraz po zastosowaniu ultradźwięków wykonano:

1. Badanie składu chemicznego (zawartość: białka, tłuszczu, wody, składników mineralnych);
2. Pomiary pH, aktywności wody, siły cięcia, wycieku wymuszonego, wycieku termicznego, potencjału oksydacyjno-redukcyjnego, wskaźnika TBARS, parametrów barwy i tekstury;
3. Analizę sensoryczną (zapach: natężenie i pożądalność, soczystość, kruchość, smak: natężenie i pożądalność);
4. Analizę mikrobiologiczną – ogólną liczbę drobnoustrojów.

Kwasowość czynną (pH) mięsa chłodzonego oznaczono przy użyciu elektrody OSH 12-01 i pehametru CPC-411 (firmy ELMETRON, Zabrze, Polska) z dokładnością do 0,01. Urządzenie kalibrowano w oparciu o bufony o wartościach pH 4,00 i 7,00.

Instrumentalny pomiar barwy w systemie CIE  $L^*a^*b^*$  wykonano na przekroju mięsa przy użyciu elektronicznego kolorymetru NR20XE (źródło światła D65, otwór głowicy pomiarowej 20 mm, kalibracja wzorcem bieli:  $L^*-99,18$ ,  $a^*-0,07$ ,  $b^*-0,05$ ). W systemie tym  $L^*$  oznacza jasność, która jest wektorem przestrzennym, natomiast  $a^*$  i  $b^*$  są współrzędnymi trójchromatyczności, gdzie

dotądnie wartości a\* odpowiadają barwie czerwonej, ujemne – barwie zielonej, dodatnie b\* - żółtej, ujemne b\* - niebieskiej.

W celu dokonania kolejnych oznaczeń cech fizyko-chemicznych, tj. wycieku termicznego i wymuszonego, próbki mięsa dwukrotnie mielono w wilku laboratoryjnym z zastosowaniem sit o średnicy oczek 4,0 mm. Otrzymaną masę mięsną dokładnie mieszano w celu ujednoczenia próby.

Wielkość wycieku cieplnego określono metodą Janickiego i Walczaka [Walczak 1959]. 20 g próbki rozdrobnionego mięsa, uformowane w kulkę, owinięto w gazę (bandaż), związano drucikiem i umieszczono w wodzie o temperaturze 85°C na 10 minut. Po wyjęciu z wody, usunięciu gazy i chłodzeniu przez 30 minut w temperaturze 4°C próbki mięsa ponownie zważono. Wyciek termiczny obliczono z różnicy mas przed obróbką i po wychłodzeniu wg wzoru:

$$Wc (\%) = \frac{MI - MII}{MI} \cdot 100\%$$

gdzie: Wc – wielkość wycieku cieplnego (%), MI – masa próbki przed obróbką cieplną (g), MII – masa próbki po obróbce cieplnej i po wychłodzeniu (g).

Wyciek wymuszony mięsa oznaczono metodą Grau'a i Hamma [Oeckel i in. 1999] poprzez umieszczenie zmielonej próbki (około 300 mg) na bibule Whatman nr 1. Bibulę wraz z próbką wkładano pomiędzy dwie szklane płytki i poddawano naciskowi 2 kg przez okres 5 minut. Po upływie założonego czasu wyciskania obrysowano na bibule granicę powierzchni, zajmowanej przez próbkę mięsa oraz wycieku soku mięsnego, które następnie planimetrowano. Miarą wielkości wycieku wymuszonego soku mięsnego była różnica obu powierzchni, co stanowiło wynik interpretujący wodochłonność (cm<sup>2</sup>) (większa wartość – mniejsza wodochłonność mięsa).

Silę cięcia mięsa surowego oznaczono przy użyciu szerometru Warnera-Bratzlera. Próbki mięsa surowego w kształcie walców, wyciętych korkoborem o średnicy 1,0 cm (wzdłuż włókien mięśniowych), przecinano ostrzem Warnera-Bratzlera z trójkątnym wycięciem i rejestrowano wartość siły potrzebnej do ich przecięcia (N/cm<sup>2</sup>). Za ostateczny wynik pomiaru każdej próby przyjmowano średnią wartość z trzech kolejnych powtórzeń.

Celem określenia parametrów tekstury badanego mięsa, z każdej partii mięsa wycinano próbki w kształcie sześciianu o boku 20 mm. Instrumentalnie parametry tekstury badanych próbek mięsa oznaczono stosując profilową analizę tekstury (TPA – Texture Profile Analysis) wykonaną za pomocą teksturometru Texture Analyser – CT3 – 25 (Brookfield, Wisconsin, USA), z przystawką o

## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

kształcie walca o średnicy 38,1 mm i długości 20 mm. Wykonano test 2-krotnego ściskania próbek do 50% ich wysokości. Prędkość przesuwu walca podczas testu wynosiła 2 mm/s, natomiast przerwa między naciskami 2 s. Za pomocą programu Texture Pro CT (Brookfield, Wisconsin, USA) określono następujące parametry tekstury: twardość 1, twardość 2, sztywność do 5 mm, sztywność do 8 mm, adhezyjność, odbojność, kohezyjność, sprężystość, gumistość i żujność. Podczas seryjnych pomiarów wszystkie parametry tekstury liczone były automatycznie.

Potencjał oksydoredukcyjny (EH, mV) mierzono za pomocą elektrody zespolonej typu ERPt-13 i pH/konduktometru Elmetron CPC-501 waterproof. Potencjał elektrody wskaźnikowej odnoszono do potencjału półogniwa odniesienia EODN o schemacie Ag/AgCl, 3 M KCl zastosowanego w elektrodzie ERPt-13 dla temperatury w zakresie 10-20°C.

Ogólną liczbę drobnoustrojów oznaczono zgodnie z PN-EN ISO 4833:2004. Jest to metoda płytkowa polegająca na liczeniu liczby drobnoustrojów wyrosłych na pożywce PCA.

Ilość związków mineralnych wyrażonych jako popiół całkowity oznaczono zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN-ISO 936:2000 na analizatorze termogravimetrycznym TGA701 firmy LECO.

Oznaczenia wsk. TBARS dokonano na podstawie wyznaczenia grupy substancji tworzących barwne kompleksy z kwasem 2-tiobarbiturowym, takich jak między innymi, aldehyd malonowy. Oznaczenie polega na wytworzeniu w wysokiej temperaturze barwnych kompleksów obecnych w tłuszczu aldehydów z roztworem kwasu 2-tiobarbiturowego. Intensywność powstałego zabarwienia roztworu produktu mięsnego z kwasem 2-tiobarbiturowym mierzono spektrofotometrycznie przy długości fali 532 nm. Roztworem odniesienia była próba kontrolna [Pikul i in. 1989].

Aktywność wody ( $a_w$ ) to stosunek częściowego ciśnienia pary wodnej nad badaną próbką do częściowego ciśnienia pary wodnej nad idealnie czystą wodą. Pomiar aktywności wody przeprowadzono na aparacie do pomiaru aktywności wody LabMaster - aw (Novasina). Probę o masie 5 g umieszczano w naczyniu pomiarowym i zamykano wieczkiem. Wieczko zdejmowano z pojemnika z próbą bezpośrednio przed umieszczeniem w komorze pomiarowej aparatu. Pomiar wykonywano w temperaturze 20°C. Po zakończeniu pomiaru z wyświetlacza urządzenia odczytywano wartość aktywności wody badanej próby.

Ocenę właściwości sensorycznych mięsa wieprzowego przeprowadzono zgodnie z metodyką podaną przez Barylko-Pikielną i Matuszewską [2009]. 100g

próbki mięsa wieprzowego poddano obróbce termicznej w temperaturze 95°C do uzyskania wewnątrz temperatury 80°C± 2°C. Temperaturę mierzono wewnątrz za pomocą termometru (Sous Vide Thermapen, MERA, Warszawa, Polska) wyposażonego w sondę igłową. W celu dokonania oceny sensorycznej, próbki poddane obróbce cieplnej schłodzono do temperatury 20°C ± 2°C i pokrojono na plastry o grubości 1,5 cm w poprzek włókien mięśniowych. Wszystkie oceniane próby znajdowały się w przykrytych naczynkach plastikowych, oznaczonych indywidualnymi kodami cyfrowymi. Próbkę przeznaczoną do oceny sensorycznej były pobierane w kolejności losowej. Osoby oceniające przeprowadziły ocenę sensoryczną w trzech powtórzeniach. Ocenę jakości sensorycznej mięsa przeprowadzał stały, przeszkolony 6-osobowy zespół laboratoryjny, sprawdzony pod względem wrażliwości i sprawności sensorycznej zgodnie z ISO, 8586-2: [2008] i ISO, 8587: [2006]. Zespół oceniający składał się z 6 osób (50% mężczyzn/kobiet w wieku od 26 do 46 lat). Osoby oceniające posiadały doświadczenie w ocenie mięsa i przetworów mięsnych. Zastosowano 5-punktową ocenę sensoryczną jakości cząstkowej, oceniając następujące wskaźniki jakościowe: intensywność zapachu (1 = bardzo negatywna, bardzo słabo wyczuwalna, 5 = bardzo mocna), intensywność smaku (1 = bardzo negatywna, bardzo słabo wyczuwalna, 5 = bardzo pożądana), pożądanie zapachu (1 = niepożądane, 5 = wysoce pożądanie), pożądanie smaku (1 = niepożądane, 5 = wysoce pożądanie), soczystość (1 = bardzo suche, 5 = bardzo soczyste) i kruchość (1 = bardzo twarde, 5 = bardzo kruche). Ocena właściwości sensorycznych mięsa została przeprowadzona w laboratorium sensorycznym spełniającym wszystkie wymagania odpowiedniej normy [PN-EN ISO 8589, 2010]. Pomiedzy każdym badaniem próbek mięsa, oceniający stosowali 30-sekundową przerwę w celu przepłukania ust wodą mineralną.

Wszystkie oznaczenia i ocenę sensoryczną przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki pogrupowano i poddano obliczeniom statystycznym.



# **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowywalnictwie żywności**

## **Wyniki badań i ich omówienie**

W tabelach 1 - 3 zamieszczono wyniki badań dotyczące składu chemicznego mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków. Z danych tych wynika, że skład chemiczny poszczególnych mięśni nie zmienił się istotnie po zastosowaniu ultradźwięków. Również po przechowywaniu chłodniczym ilości podstawowych składników były na podobnym poziomie. Spośród trzech analizowanych elementów mięsa wieprzowego nieco wyższą średnią zawartość tłuszczu stwierdzono w łopatkce, natomiast większą ilość wody o około 5 pkt procentowych oznaczono w szynce.

W tabelach 4 - 6 zamieszczono wyniki badań właściwości fizykochemicznych, technologicznych i mikrobiologicznych mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków. Z danych tych wynika, że jedynie dla łopatki zaobserwowano niższe pH po zastosowaniu sonifikacji po 1 i 7 dniach przechowywania chłodniczego. Również w tych samych okresach przechowywania chłodniczego łopatki stwierdzono niższe wartości siły cięcia po zastosowaniu ultradźwięków. Dla szynki niższe wartości tej cechy po zastosowaniu sonifikacji odnotowano tylko po 1 dniu przechowywania chłodniczego. Jednak po zastosowaniu ultradźwięków nieco gorsze właściwości hydratacyjne (wyższe wartości wycieku termicznego i wymuszonego) stwierdzono dla wszystkich analizowanych elementów mięsa wieprzowego w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Z kolei zastosowany zabieg korzystnie wpłynął na wskaźnik TBARS, gdyż dla wszystkich analizowanych mięśni wieprzowych wartości tej cechy uległy obniżeniu we wszystkich okresach przechowywania chłodniczego (z wyjątkiem schabu po 10 dniach przechowywania chłodniczego). Również wyższe wartości jasności barwy oznaczono zazwyczaj dla wszystkich analizowanych mięśni w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Po zastosowaniu sonifikacji stwierdzono wzrost ogólnej liczby drobnoustrojów w porównaniu do próby kontrolnej we wszystkich analizowanych mięśniach wieprzowych w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego (z wyjątkiem 1 okresu przechowywania chłodniczego dla łopatki i drugiego okresu przechowywania chłodniczego szynki, gdzie liczba ta była niższa w porównaniu do próby kontrolnej).

Tabela 1. Skład chemiczny mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Białko (%)	$\bar{x}$	20,67	20,85	21,09	21,10	20,67	20,93
	SD	1,15	1,17	0,21	0,11	0,76	0,45
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	4,99	4,91	4,75	4,97	4,55	4,67
	SD	0,97	0,78	0,69	0,40	0,69	0,40
Woda (%)	$\bar{x}$	74,30	74,16	76,10	76,45	74,73	75,00
	SD	1,76	1,62	0,74	0,28	4,02	0,53
Skł. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,52	1,54	1,31	1,32	1,55	1,57
	SD	0,05	0,06	0,06	0,06	0,15	0,23

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 2. Skład chemiczny mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Białko (%)	$\bar{x}$	19,95	19,75	20,45	20,40	20,43	20,83
	SD	0,69	0,69	0,47	1,06	0,42	0,68
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	7,82	7,22	6,34	6,63	6,60	6,03
	SD	1,64	1,64	0,24	0,61	1,25	0,67
Woda (%)	$\bar{x}$	70,03	70,33	70,30	70,13	70,10	70,37
	SD	1,55	1,55	1,52	1,30	1,25	0,84
Skł. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,53	1,43	1,57	1,51	1,89	1,78
	SD	0,18	0,18	0,07	0,06	0,05	0,19

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki



## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

W tabelach 7 do 9 zamieszczono wyniki badań parametrów tekstury mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków. Po zastosowaniu ultradźwięków w mięśniach szynki i schabu stwierdzono zazwyczaj niższe wartości twardości i sztywności po 1 dniu przechowywania chłodniczego. Natomiast w mięśniach łopatki wartości tych cech uległy podwyższeniu po zastosowaniu sonifikacji, po 1 dniu przechowywania chłodniczego. W przypadku pozostałych okresów przechowywania chłodniczego wartości tych cech i pozostałych były zróżnicowane bez zachowania zauważalnych tendencji.

W tabelach 10 do 12 zamieszczono wyniki badań właściwości sensorycznych mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków. Z danych tych wynika, że zastosowanie sonifikacji spowodowało zazwyczaj niewielkie pogorszenie soczystości wszystkich analizowanych mięśni w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego (z wyjątkiem tej cechy ocenionej dla łopatki po 10 dniach przechowywania chłodniczego). Natomiast zastosowanie ultradźwięków nie miało znaczącego wpływu na powstanie zauważalnych tendencji w postrzeganiu pozostałych właściwości sensorycznych analizowanych mięśni wieprzowych w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego.

Tabela 3. Skład chemiczny mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Białko (%)	$\bar{x}$	20,18	20,88	19,15	20,86	20,93	20,70
	SD	0,38	0,38	0,56	0,47	0,40	0,17
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	6,07	6,00	5,28	5,20	5,17	5,23
	SD	1,19	1,19	1,05	0,79	0,50	1,15
Woda (%)	$\bar{x}$	70,36	70,26	69,52	70,63	70,97	70,57
	SD	1,24	1,24	6,20	1,04	1,40	1,53
Skl. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,54	1,61	1,45	1,44	1,57	1,65
	SD	0,05	0,05	0,06	0,09	0,09	0,08

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 4. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
pH	$\bar{x}$	5.65	5.61	5.77	5.70	5.64	5.75
	SD	0.17	0.05	0.15	0.05	0.04	0.12
Aktywność wody	$\bar{x}$	0.977	0.979	0.978	0.977	0.977	0.975
	SD	0.002	0.007	0.001	0.001	0.000	0.001
Siła cięcia (N/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	73.88	64.50	64.41	75.53	18.63	16.89
	SD	15.84	23.03	15.10	22.25	1.95	3.64
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	24.47	27.12	23.38	24.92	23.21	22.48
	SD	1.10	2.68	2.77	1.31	1.93	2.17
Wyciek wymuszony (cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	4.55	6.09	4.29	4.64	4.77	4.41
	SD	1.42	0.46	0.35	0.50	0.26	0.09
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0.55	0.49	0.67	0.61	0.69	0.58
	SD	0.04	0.04	0.08	0.06	0.07	0.01
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	413.27	420.17	398.23	406.77	417.07	413.10
	SD	8.69	7.34	16.15	2.24	3.87	15.78
L*	$\bar{x}$	49.81	50.27	54.27	56.24	53.71	54.05
	SD	5.30	3.76	2.87	6.81	4.04	3.24
a*	$\bar{x}$	14.87	13.58	15.64	13.96	13.95	13.08
	SD	1.56	1.13	1.06	1.41	1.63	1.17
b*	$\bar{x}$	7.20	7.18	9.04	8.50	8.89	8.70
	SD	0.90	0.62	0.77	0.69	0.56	1.04
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	21 212	38 636	27 273	25 000	212 121	318 182

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

Tabela 5. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
pH	$\bar{x}$	5,88	5,73	5,86	5,78	5,86	5,93
	SD	0,13	0,07	0,07	0,06	0,18	0,13
Aktywność wody	$\bar{x}$	0,983	0,985	0,981	0,982	0,986	0,986
	SD	0,011	0,021	0,012	0,022	0,012	0,023
Siła cięcia (N/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	148,73	112,45	157,17	126,54	61,35	48,60
	SD	5,09	4,40	5,72	5,27	4,93	2,50
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	24,11	26,10	24,32	27,89	26,44	26,39
	SD	1,47	3,26	1,32	1,33	5,10	0,87
Wyciek wymuszony (cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	4,74	5,22	4,20	4,26	4,60	5,12
	SD	0,65	0,05	0,50	0,96	1,16	1,00
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0,52	0,49	0,65	0,62	0,60	0,51
	SD	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	398,30	419,33	396,63	398,70	391,10	391,07
	SD	12,30	5,51	7,35	2,61	35,22	9,72
L*	$\bar{x}$	47,05	48,58	52,40	47,82	50,79	50,98
	SD	3,37	3,91	3,32	13,31	3,40	4,21
a*	$\bar{x}$	17,49	15,47	15,21	14,34	14,31	14,40
	SD	2,87	2,26	1,77	1,92	1,18	1,08
b*	$\bar{x}$	7,29	7,15	10,26	8,71	8,54	9,34
	SD	1,35	1,00	1,26	0,90	1,01	1,20
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	131 045	44 697	16 667	28 788	409 091	446 970

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 6. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
pH	$\bar{x}$	5,49	5,54	5,60	5,60	5,60	5,60
	SD	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,06
Aktywność wody	$\bar{x}$	0,978	0,978	0,978	0,978	0,977	0,976
	SD	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
Siła cięcia (N/cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	67,88	67,45	65,50	72,04	58,96	24,62
	SD	4,97	2,35	6,67	5,30	6,13	1,95
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	24,17	27,31	21,24	23,63	21,33	21,21
	SD	3,29	2,35	1,96	1,46	2,31	1,67
Wyciek wymuszony (cm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$	4,64	6,16	4,30	4,49	3,94	4,56
	SD	0,37	1,13	1,04	1,14	0,39	0,73
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0,58	0,53	0,74	0,63	0,58	0,64
	SD	0,02	0,02	0,08	0,07	0,01	0,05
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	428,37	427,60	417,87	422,33	420,67	418,20
	SD	11,65	17,06	14,29	4,88	6,72	6,54
L*	$\bar{x}$	52,43	56,09	56,75	58,02	56,86	61,23
	SD	2,14	3,19	2,77	2,48	2,51	3,42
a*	$\bar{x}$	11,03	10,16	11,29	11,63	12,13	11,43
	SD	0,62	1,00	1,54	0,89	0,68	0,94
b*	$\bar{x}$	6,65	6,18	8,00	7,86	8,65	8,42
	SD	0,51	0,57	0,88	0,76	0,34	0,93
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	44 697	63 636	14 394	28 030	227 273	386 364

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

Tabela 7. Parametry tekstury mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Twardość I (N)	$\bar{x}$	120,09	110,91	97,55	146,84	202,13	138,56
	SD	9,90	5,07	7,46	6,61	6,44	7,74
Twardość II (N)	$\bar{x}$	69,10	65,69	66,18	91,51	114,15	88,44
	SD	4,71	4,09	4,17	5,02	6,15	8,73
Sztwność 5 (N)	$\bar{x}$	17,86	16,84	9,47	11,93	17,26	12,52
	SD	1,55	1,16	1,61	1,61	1,90	1,49
Sztwność 8 (N)	$\bar{x}$	75,54	70,20	46,52	72,47	116,12	68,80
	SD	4,21	3,00	2,46	7,58	6,55	3,40
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	3,25	3,00	3,68	3,79	3,28	3,38
	SD	0,13	0,23	0,25	0,15	0,21	0,22
Kohezja	$\bar{x}$	0,22	0,24	0,29	0,30	0,20	0,26
	SD	0,01	0,02	0,06	0,07	0,03	0,06
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	4,60	4,53	3,71	4,22	3,34	3,47
	SD	1,30	0,79	0,52	1,08	0,32	0,49
Odbojność	$\bar{x}$	0,15	0,20	0,23	0,19	0,19	0,19
	SD	0,09	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01
Gumistość (N)	$\bar{x}$	25,06	28,18	27,98	44,73	38,48	35,19
	SD	1,09	1,72	2,94	1,71	1,88	1,20
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	122,11	142,18	105,62	192,62	131,14	122,72
	SD	5,11	13,05	8,08	10,09	5,59	4,19

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 8. Parametry tekstury mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Twardość I (N)	$\bar{x}$	122,76	166,04	152,30	149,13	163,86	84,10
	SD	7,65	7,64	32,07	6,08	9,93	3,91
Twardość II (N)	$\bar{x}$	66,26	109,75	106,57	99,67	90,66	58,42
	SD	4,54	6,86	3,50	5,52	5,69	2,44
Szytywność 5 (N)	$\bar{x}$	11,48	27,60	14,12	11,08	13,81	14,61
	SD	1,02	2,90	1,70	1,37	1,17	1,43
Szytywność 8 (N)	$\bar{x}$	74,90	101,83	58,21	76,06	93,17	36,37
	SD	7,95	7,64	6,63	4,18	2,67	2,28
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	1,87	1,54	1,74	1,59	1,24	1,30
	SD	0,06	0,21	0,17	0,99	0,88	0,27
Kohezja	$\bar{x}$	0,29	0,31	0,33	0,27	0,29	0,31
	SD	0,09	0,05	0,02	0,08	0,08	0,08
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	4,19	6,00	3,95	3,91	3,92	3,95
	SD	0,64	0,14	0,44	0,90	0,62	0,19
Odbojność	$\bar{x}$	0,23	0,13	0,24	0,19	0,18	0,16
	SD	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01
Gumistość (N)	$\bar{x}$	28,73	66,45	50,89	40,68	44,94	24,36
	SD	1,16	3,89	2,59	2,93	2,00	3,70
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	127,14	395,52	202,36	167,09	203,04	96,14
	SD	8,95	7,35	7,57	10,96	15,59	4,78

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki



## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

Tabela 9. Parametry tekstury mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Twardość I (N)	$\bar{x}$	185,20	146,07	135,88	141,00	136,22	164,41
	SD	8,74	4,98	4,18	4,68	5,20	6,98
Twardość II (N)	$\bar{x}$	107,66	92,39	96,68	101,31	94,80	96,52
	SD	4,83	4,35	7,94	3,30	3,09	4,24
Sztwywność 5 (N)	$\bar{x}$	28,28	23,39	13,02	20,98	19,60	22,09
	SD	1,52	1,71	3,69	1,58	1,52	1,91
Sztwywność 8 (N)	$\bar{x}$	123,14	97,11	80,65	81,47	85,04	117,66
	SD	5,25	3,21	5,35	3,84	5,94	5,49
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	1,44	1,34	1,93	1,71	1,80	1,70
	SD	0,07	0,08	0,04	0,95	0,01	0,01
Kohezja	$\bar{x}$	0,18	0,21	0,30	0,26	0,24	0,21
	SD	0,05	0,07	0,01	0,05	0,06	0,08
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	4,18	4,44	3,98	3,80	4,29	3,83
	SD	0,46	0,45	0,31	0,38	0,44	0,25
Odbojność	$\bar{x}$	0,17	0,17	0,20	0,22	0,16	0,15
	SD	0,06	0,08	0,01	0,06	0,07	0,08
Gumistość (N)	$\bar{x}$	31,71	30,77	38,13	35,61	31,31	31,47
	SD	1,00	1,29	1,52	1,44	1,79	1,27
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	133,62	141,08	150,66	138,83	135,87	118,98
	SD	4,60	3,74	5,20	5,52	5,57	5,92

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 10. Właściwości sensoryczne mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,33	3,61	4,06	3,67	3,50	4,00
	SD	0,43	0,82	0,81	0,76	0,87	0,56
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,28	3,72	4,00	3,72	3,61	3,78
	SD	0,51	0,67	0,56	0,44	0,55	0,26
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	2,89	2,72	2,89	2,56	3,06	2,89
	SD	0,70	0,71	0,65	0,53	0,73	0,70
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	3,44	2,94	3,17	3,28	3,44	2,94
	SD	0,58	0,73	0,61	0,75	0,63	0,46
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,44	3,11	3,78	3,44	3,39	3,61
	SD	0,39	0,70	0,36	0,39	0,55	0,65
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,39	3,22	3,56	3,11	3,17	3,61
	SD	0,65	0,67	0,46	0,55	0,61	0,60

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

Tabela 11. Właściwości sensoryczne mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,67	3,61	4,11	3,72	3,72	4,17
	SD	1,00	0,70	0,70	1,12	0,91	0,71
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,50	3,61	3,89	3,61	3,61	3,67
	SD	0,71	0,70	0,49	0,65	0,33	0,35
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	3,39	3,06	3,67	3,11	3,50	3,89
	SD	0,49	0,53	0,43	0,49	0,50	0,55
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	3,39	3,33	4,00	3,56	3,72	3,33
	SD	0,55	0,79	0,50	0,46	0,44	0,43
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,33	3,50	4,00	3,56	3,50	3,56
	SD	0,66	0,56	0,35	0,63	0,56	0,53
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,56	3,67	3,78	3,39	3,44	3,44
	SD	0,58	0,56	0,51	0,60	0,53	0,53

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

## **Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności**

Tabela 12. Właściwości sensoryczne mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu ultradźwięków

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	U	K	U	K	U
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,50	3,61	4,17	3,89	3,72	4,11
	SD	0,75	0,65	0,66	0,74	0,79	0,65
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,28	3,83	3,83	3,78	3,78	3,94
	SD	0,51	0,56	0,25	0,44	0,57	0,39
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	2,78	2,44	3,72	2,83	3,28	3,00
	SD	0,44	0,46	0,87	0,35	0,71	0,56
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	3,28	3,22	4,00	3,61	3,33	4,00
	SD	0,51	0,62	0,50	0,49	0,61	0,61
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,28	3,39	3,78	3,56	3,39	3,83
	SD	0,87	0,49	0,51	0,39	0,49	0,43
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,33	3,50	3,61	3,67	3,44	3,67
	SD	0,56	0,66	0,70	0,35	0,39	0,61

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; U - ultradźwięki

### **Wnioski**

Zastosowanie ultradźwięków nie spowodowało przedłużenia trwałości mięsa wieprzowego dla wszystkich analizowanych mięśni. Ponadto dla łopatki zaobserwowano niższe pH po zastosowaniu sonifikacji po 1 i 7 dniach przechowywania chłodniczego. Również w tych samych okresach przechowywania chłodniczego łopatki stwierdzono niższe wartości siły cięcia po zastosowaniu ultradźwięków. Z kolei zastosowany zabieg korzystnie wpłynął na wskaźnik TBARS, gdyż dla wszystkich analizowanych mięśni wieprzowych wartości tej cechy uległy najczęściej obniżeniu we wszystkich okresach przechowywania chłodniczego (z wyjątkiem schabu po 10 dniach przechowywania chłodniczego). Również wyższe wartości jasności barwy oznaczono zazwyczaj dla wszystkich analizowanych mięśni w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego.

## Literatura

1. Barylko-Pikielna, N., Matuszewska, I. 2009. Sensory Testing of Food. Basics—Methods—Application (in Polish). Wrocław: Publishing: Polish Society of Food Technologists, Poland.
2. Dolatowski Z. J., Stadnik J., Stasiak D. 2007. Applications of ultrasound in food technology. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentarna. 6 (3). 89-99.
3. Dolatowski Z.J., Stasiak D. 2002. Czystość mikrobiologiczna mięsa i szynki parzonej po obróbce ultradźwiękowej. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentarna. 1 (1). 55-65.
4. ISO 8586-2. 2008. Sensory Analysis. General Guidance for the Selection, Training and Monitoring of Assessors.
5. ISO 8587. 2006. Sensory Analysis. Methodology, International Organization for Standardization (ISO).
6. Kapturowska A., Stolarzewicz I., Chmielewska I., Białecka-Florjańczyk E. 2011. Ultradźwięki - narzędzie do inaktywacji komórek drożdży oraz izolacji białek wewnątrzkomórkowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 77. 160-171.
7. Łukasz K., Kaczmarek P., Lewicki P. 2005. Zastosowanie technik ultradźwiękowych w przetwarzaniu żywności. Przemysł Spożywczy. 9. 34-36.
8. Nowicka P., Wojdyło A., Oszmiański J. 2014. Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 93. 5-18.
9. Oeckel M. J. Van., Warnants N., Boucqueé Ch. V. 1999. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus online screening methods. Meat Sci., 51, 313-320.
10. Pikul J., Leszczyński D. E., Kummerow F. A. 1989. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. J. Agric. Food Chem. 37: 1309 — 1313.
11. PN-EN ISO 4833.2004. Mikrobiologia żywności i pasz - Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów -- Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
12. PN-EN ISO 8589. 2010. General Guidelines for the Design of a Sensory Analysis Laboratory.
13. PN-ISO 936.2000. Mięso i przetwory mięsne - Oznaczanie popiołu całkowitego.
14. Sip A. 2010. Bakterie Listeria monocytogenes - część I. Występowanie i źródła zanieczyszczeń żywności. Przemysł Spożywczy. 64. 40-43.
15. Walczak Z. 1959. Laboratoryjna metoda oznaczania zawartości galarety w konserwach mięsnych. Roczniki Nauk Rolniczych 74-B-4, 619.

---

- Publikacja opracowana 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”* przez Uniwersytet Rzeszowski, współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej w ramach PROW 2014-2020.

- Instytucja Zarządzająca PROW 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

---