



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

Mariusz Rudy¹, Marian Gil¹, Renata Stanisławczyk¹, Paulina Duma-Kocan¹, Grzegorz Zaguła², Czesław Puchalski²

Zastosowanie pulsującego strumienia światła do utrwalania mięsa wieprzowego przechowywanego chłodniczo

The use of a pulsating light beam to preserve pork meat stored cooled

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

¹ *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*

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

Summary

Pulsed light is an excellent solution for the disinfection of packaging and is used to disinfect tools in production plants, preventing cross-contamination. The aim of the study was to investigate the effect of the application of a pulsating light beam 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 (semimembranous - *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. After the application of the pulsating light beam, a decrease in the total number of microorganisms was observed in comparison to the control sample in all analyzed pork muscles in the individual periods of refrigerated storage. Therefore, this treatment extended the durability of all analyzed pork muscles.

Wstęp

Technologia pulsacyjnego światła (PL- ang. Pulsed Light) oparta jest na wykorzystaniu bardzo krótkich impulsów światła ($1\ \mu\text{s}$ - 0, 1 s) o szerokim spektrum (od ultrafioletu do bliskiej podczerwieni, 100-1100 nm) [Wiktor i in. 2016]. Światło generowane jest przez gazową lampę ksenonową, która następnie emituje impulsy światła. Powstałe światło ma około 20 000 razy większe natężenie niż światło słoneczne [Stepaniak 2003, Krzysztofik i in. 2005]. Zastosowanie impulsów promieniowania elektromagnetycznego o określonej częstotliwości, jest metodą bardzo interesującą i istnieje wiele potencjalnych możliwości wykorzystywania tej techniki [Czapski 2007]. Jest szczególnie przydatna w przypadku produktów mięsnych gotowanych czy peklowanych na sucho i gotowych do spożycia [Hierro i in. 2011]. Produkty gotowe do spożycia mogą stanowić zagrożenie dla konsumenta z powodu przetwarzania końcowego, czyli np.: cięcia, krojenia czy pakowania, podczas którego bakterie chorobotwórcze mogą dostać się na powierzchnię. W takiej żywności najczęściej obecnymi patogenami są: *Listeria monocytogenes* i *Salmonella enterica* [Cabedo i in. 2008]. Żywność zachowuje swoje właściwości sensoryczne i wszystkie składniki, które pod wpływem termicznych metod zostałyby utracone. Pulsacyjne światło jest doskonałym rozwiązaniem stosowanym podczas dezynfekcji opakowań oraz znajduje zastosowanie w celu odkażania narzędzi w zakładach produkcyjnych, zapobiegając zakażeniom krzyżowym [Pysz i in. 2006, Rajkovic i in. 2010]. Pozwala również na modyfikację różnych cech produktu, takich jak: barwa, zapach, zawartość związków bioaktywnych i aktywność przeciwdrobnoustrojowa [Hierro i in. 2012, Charles i in. 2013]. Może być stosowane jako pojedynczy czynnik lub w połączeniu z innymi zapewniając bezpieczeństwo mikrobiologiczne i maksymalizację efektu [Gomez i in. 2012, Charles i in. 2013, Duarte-Molina i in. 2016].

Zaletami wykorzystania pulsacyjnego strumienia światła jest przede wszystkim szybkość, małe zużycie energii i przyjazność środowisku [Gomez-Lopez i in. 2007]. Praca z pulsacyjnym światłem jest także bezpieczna, ponieważ proces odbywa się w komorze, która nie ma bezpośredniego kontaktu z otoczeniem

Celem pracy było zbadanie wpływu zastosowania pulsującego strumienia światła na właściwości fizykochemiczne, technologiczne, sensoryczne oraz war-

tość odżywczą i trwałość mięsa wieprzowego (szynka, łopatką i schab) przechowywanego chłodniczo.

Materiał i metodyka badań

Materiał 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 żywcą 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 pulsującego strumienia światła (ekspozycja na pulsujący strumień światła o częstotliwości 400 Hz przez okres 60 s, przy dawce energii 600 mW i długości fali 660 i 405 nm). 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 pulsującego strumienia światła 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 bufor 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 współrzednymi trójkromatyczności, gdzie dodatnie 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 ujednolicenia 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), MI – 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. Miara wielkości wycieku wymuszonego soku mięsnego była różnica obu powierzchni, co stanowiło wynik interpretujący wodochłonność (cm²) (większa wartość – mniejsza wodochłonność mięsa).

Silę cięcia mięsa surowego oznaczono przy użyciu szerometru Warnera Bratzlera. Próbkę 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/cm²). 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 sześciangu o boku 20 mm. Instrumentalnie parametry tekstury badanych próbek mięsa oznaczono stosując profilową analizę tekstury (TPA – Texture Profile Analysis) wykonaną za pomocą teksturometru

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowywalnictwie żywności

Texture Analyser – CT3 – 25 (Brookfield, Wisconsin, USA), z przystawką o 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. Pomiaru 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]. Pomiędzy 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.

W tabelach 1 - 3 zamieszczono wyniki badań dotyczące składu chemicznego mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła. Z danych tych wynika, że skład chemiczny poszczególnych mięśni nie zmienił się istotnie po zastosowaniu pulsującego strumienia światła. Również w poszczególnych okresach przechowania chłodniczego ilości podstawowych składników były na podobnym poziomie. Spośród analizowanych elementów wieprzowych najwyższą zawartość białka stwierdzono w mięśniach szynki, natomiast najwyższą ilość tłuszczu oznaczono w mięśniach łopatk.

W tabelach 4 - 6 zamieszczono wyniki badań właściwości fizykochemicznych, technologicznych i mikrobiologicznych mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła. Z danych tych wynika, że po zastosowaniu pulsującego strumienia światła stwierdzono spadek ogólnej liczby drobnoustrojów w porównaniu do próby kontrolnej we wszystkich analizowanych mięśniach wieprzowych w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Warto także nadmienić, że wartości aktywności wody były niższe po zastosowaniu tego zabiegu po 10 dniach przechowywania chłodniczego dla wszystkich analizowanych elementów wieprzowych. Również po zastosowaniu pulsującego strumienia światła wartości potencjału oksydoredukcyjnego były niższe dla schabu i łopatki po 7 i 10 dniach przechowywania chłodniczego, co oznacza, że właściwości utleniające mięśni pozyskanych z tych elementów w tych okresach były mniejsze. Ponadto wartości siły cięcia były niższe po zastosowaniu pulsującego strumienia światła dla schabu po 1 i 7 dniach przechowywania chłodniczego. Także po zastosowaniu tego zabiegu obniżyły się wartości wskaźnika TBARS dla schabu po 1 i 7 dniach przechowywania chłodniczego oraz dla łopatki po 7 dniach przechowywania i dla szynki po 1 dniu przechowywania chłodniczego. Wartości jasności barwy mięśni szynki i schabu zazwyczaj wzrastały po zastosowaniu pulsującego strumienia światła, natomiast w przypadku mięśni łopatki zaobserwowano odwrotną tendencję.

W tabelach 7 do 9 zamieszczono wyniki badań parametrów tekstury mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła. Po zastosowaniu pulsującego strumienia światła w mięśniach szynki stwierdzono zazwyczaj wyższe wartości twardości i sztywności w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Natomiast w mięśniach łopatki i schabu wartości tych cech były najczęściej zróżnicowane, bez wyraźnej

tendencji wpływu tego zabiegu na parametry tekstury w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego.

Tabela 1. Skład chemiczny mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Białko (%)	$\bar{x}$	22,12	22,32	22,09	22,26	22,34	22,37
	SD	0,26	0,14	0,39	0,57	0,23	0,76
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	5,10	5,15	5,27	5,31	5,03	5,11
	SD	0,29	0,31	0,43	0,56	0,76	0,85
Woda (%)	$\bar{x}$	71,06	71,23	71,54	71,32	71,53	71,71
	SD	0,64	0,53	0,23	0,67	0,98	0,51
Skl. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,60	1,51	1,53	1,61	1,67	1,63
	SD	0,07	0,33	0,14	0,33	0,08	0,60

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 2. Skład chemiczny mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Białko (%)	$\bar{x}$	18,93	18,63	18,24	18,45	18,56	18,75
	SD	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	9,36	9,46	9,26	9,38	9,54	9,45
	SD	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Woda (%)	$\bar{x}$	70,66	70,59	70,61	70,68	70,34	70,45
	SD	0,74	0,23	0,98	0,67	0,88	0,84
Skl. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,39	1,37	1,52	1,42	1,66	1,61
	SD	0,06	0,23	0,46	0,44	0,27	0,24

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności

W tabelach 10 do 12 zamieszczono wyniki badań właściwości sensorycznych mięsa wieprzowego po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła. Z danych tych wynika, że zastosowanie pulsującego strumienia światła spowodowało polepszenie wrażenia kruchości, a także zwiększenie natężenia i pożądalności smaku mięsa pozyskanego z mięśni łopatki w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. Natomiast zastosowanie pulsującego strumienia światła nie miało znaczącego wpływu na odbiór pozostałych właściwości sensorycznych analizowanych mięśni wieprzowych w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego, z wyjątkiem zapachu dla schabu, który pod względem natężenia i pożądalności uzyskiwał nieco wyższe noty po zastosowaniu tego zabiegu.

Tabela 3. Skład chemiczny mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Białko (%)	$\bar{x}$	20,85	20,75	20,25	20,37	20,43	20,32
	SD	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Tłuszcz (%)	$\bar{x}$	7,05	7,16	7,25	7,19	7,34	7,26
	SD	1,46	1,12	1,21	1,45	1,32	1,13
Woda (%)	$\bar{x}$	71,01	71,23	71,43	71,35	70,95	70,98
	SD	1,28	1,32	1,45	1,67	1,63	1,84
Skl. mineralne (%)	$\bar{x}$	1,49	1,50	1,46	1,54	1,52	1,58
	SD	0,08	0,30	0,16	0,40	0,16	0,13

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 4. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
pH	$\bar{x}$	5,59	5,56	5,54	5,61	5,71	5,67
	SD	0,07	0,12	0,03	0,08	0,17	0,10
Aktywność wody	$\bar{x}$	0,976	0,979	0,978	0,977	0,973	0,959
	SD	0,003	0,004	0,003	0,003	0,001	0,017
Siła cięcia (N/cm ²)	$\bar{x}$	54,92	76,77	67,23	55,46	62,11	64,72
	SD	1,27	3,79	1,96	1,11	2,67	1,11
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	24,59	26,15	22,14	23,64	20,64	19,57
	SD	1,28	2,47	2,65	1,67	2,90	1,89
Wyciek wymuszony (cm ²)	$\bar{x}$	3,63	4,12	4,22	4,79	3,18	4,40
	SD	0,84	0,35	0,81	0,50	0,72	0,51
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0,52	0,44	0,58	0,60	0,59	0,57
	SD	0,03	0,02	0,03	0,05	0,01	0,02
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	349,53	364,03	420,30	434,33	405,07	401,30
	SD	6,67	13,21	6,16	18,20	9,18	14,37
L*	$\bar{x}$	49,33	51,74	50,87	53,92	50,53	51,97
	SD	5,64	4,77	2,16	5,41	4,90	4,01
a*	$\bar{x}$	13,73	14,78	16,55	15,19	12,48	12,72
	SD	0,53	2,64	3,65	2,02	0,86	1,08
b*	$\bar{x}$	7,08	8,13	9,07	9,07	8,31	8,86
	SD	1,01	0,88	0,83	0,87	1,36	0,80
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	985	833	39 242	9 697	4 469 697	3 636 364

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności

Tabela 5. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
pH	$\bar{x}$	5,86	5,80	5,77	5,85	6,00	6,03
	SD	0,35	0,20	0,20	0,29	0,29	0,25
Aktywność wody	$\bar{x}$	0,977	0,981	0,979	0,978	0,973	0,958
	SD	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,016
Siła cięcia (N/cm ²)	$\bar{x}$	88,75	50,01	98,94	113,00	104,06	151,02
	SD	5,72	2,79	1,95	5,32	3,64	5,84
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	24,16	20,32	23,74	22,89	19,95	18,75
	SD	2,56	2,19	2,70	5,11	5,09	4,42
Wyciek wymuszony (cm ²)	$\bar{x}$	2,06	2,81	2,00	2,55	2,18	1,36
	SD	0,55	0,03	0,98	0,58	0,34	0,21
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0,44	0,45	0,66	0,52	0,53	0,52
	SD	0,07	0,09	0,04	0,03	0,03	0,03
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	323,17	328,03	382,30	377,90	378,57	351,03
	SD	2,64	19,45	27,47	15,28	11,63	20,69
L*	$\bar{x}$	46,88	42,82	50,55	47,55	46,42	45,68
	SD	4,42	4,80	3,23	3,82	4,81	4,89
a*	$\bar{x}$	17,55	17,44	15,74	16,44	15,19	14,00
	SD	1,39	2,51	1,70	1,75	1,59	2,12
b*	$\bar{x}$	6,72	6,60	9,54	10,07	6,99	8,55
	SD	0,87	0,66	0,88	0,99	1,07	0,87
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	909	833	9 091	9 015	3 409 091	2 878 788

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 6. Właściwości fizykochemiczne, technologiczne i mikrobiologiczne mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
pH	$\bar{x}$	5,55	5,53	5,55	5,54	5,61	5,58
	SD	0,05	0,07	0,02	0,04	0,12	0,07
Aktywność wody	$\bar{x}$	0,976	0,980	0,975	0,977	0,976	0,957
	SD	0,003	0,004	0,003	0,001	0,004	0,010
Siła cięcia (N/cm ²)	$\bar{x}$	102,10	69,41	81,40	70,06	64,07	68,43
	SD	20,71	19,77	20,42	9,52	7,13	2,30
Wyciek termiczny (%)	$\bar{x}$	21,10	21,64	22,88	20,63	19,47	18,51
	SD	1,17	2,28	2,77	2,11	1,76	1,18
Wyciek wymuszony (cm ²)	$\bar{x}$	2,83	2,66	2,11	3,73	3,57	2,79
	SD	0,70	0,41	0,78	0,86	0,14	0,05
TBARS (mg MDA/kg)	$\bar{x}$	0,46	0,35	0,61	0,52	0,56	0,57
	SD	0,09	0,05	0,11	0,03	0,05	0,10
Pot. oksydoredukcyjny (mV)	$\bar{x}$	358,50	365,57	443,67	414,67	414,83	404,30
	SD	5,02	5,62	14,10	1,67	12,03	6,30
L*	$\bar{x}$	53,87	52,90	54,86	57,14	53,18	58,51
	SD	3,67	2,60	2,34	4,12	5,91	3,70
a*	$\bar{x}$	11,42	10,84	13,06	12,60	11,67	11,83
	SD	0,76	0,48	1,70	1,52	1,49	1,13
b*	$\bar{x}$	6,84	7,71	8,48	8,30	8,12	8,65
	SD	0,77	1,86	1,28	1,02	1,12	1,08
Ogólna liczba drobnoustrojów (JTK/g)	$\bar{x}$	682	530	7 500	3 636	3 106 061	1 590 909

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowalnictwie żywności

Tabela 7. Parametry tekstury mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Twardość I (N)	$\bar{x}$	82,30	139,56	133,09	148,11	85,88	91,89
	SD	5,01	7,46	5,67	5,95	5,70	6,86
Twardość II (N)	$\bar{x}$	51,92	93,72	84,96	92,62	60,16	64,80
	SD	5,87	4,70	8,98	4,89	3,62	2,17
Sztwywność 5 (N)	$\bar{x}$	9,80	24,07	14,05	16,57	6,61	4,93
	SD	1,19	1,39	1,23	1,47	1,98	1,16
Sztwywność 8 (N)	$\bar{x}$	44,03	75,51	72,30	87,78	44,63	31,51
	SD	4,38	5,89	4,53	3,35	3,24	2,98
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	1,01	0,86	1,93	1,88	2,03	1,98
	SD	0,07	0,03	0,08	0,01	0,04	0,01
Kohezja	$\bar{x}$	0,30	0,22	0,28	0,23	0,29	0,38
	SD	0,03	0,09	0,03	0,08	0,02	0,01
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	3,21	3,23	3,66	3,69	3,81	4,40
	SD	0,08	0,70	0,39	0,72	0,64	0,60
Odbojność	$\bar{x}$	0,23	0,15	0,26	0,19	0,22	0,30
	SD	0,01	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06
Gumistość (N)	$\bar{x}$	23,64	27,44	34,68	33,47	23,56	34,34
	SD	2,16	4,72	1,26	1,29	1,35	2,54
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	87,53	91,12	129,64	126,34	96,51	153,96
	SD	8,68	5,25	6,84	6,72	7,12	9,63

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 8. Parametry tekstury mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Twardość I (N)	$\bar{x}$	110,87	97,07	118,37	138,25	153,92	118,51
	SD	7,85	8,40	8,73	5,72	7,60	6,15
Twardość II (N)	$\bar{x}$	63,35	54,58	69,01	86,32	99,80	82,68
	SD	2,86	4,31	4,30	4,91	4,43	4,24
Szywność 5 (N)	$\bar{x}$	8,21	19,73	18,18	20,56	11,62	6,42
	SD	1,10	1,57	2,75	1,58	1,47	1,46
Szywność 8 (N)	$\bar{x}$	47,02	66,23	69,46	86,82	79,69	46,56
	SD	3,59	5,45	3,36	3,16	5,74	2,95
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	2,31	1,76	2,56	1,82	2,31	2,16
	SD	0,23	0,34	0,36	0,39	0,72	0,51
Kohezja	$\bar{x}$	0,63	0,18	0,28	0,26	0,28	0,33
	SD	0,06	0,01	0,05	0,05	0,08	0,07
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	3,19	2,32	3,48	4,29	4,47	4,06
	SD	0,78	0,25	0,19	0,09	0,35	0,87
Odbojność	$\bar{x}$	0,23	0,13	0,19	0,17	0,20	0,27
	SD	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,04
Gumistość (N)	$\bar{x}$	27,63	14,51	26,13	35,81	41,84	35,94
	SD	1,49	1,24	1,64	2,33	2,70	2,84
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	95,53	43,24	99,26	160,94	198,50	157,46
	SD	6,11	4,98	7,82	8,05	13,27	9,11

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowywalnictwie żywności

Tabela 9. Parametry tekstury mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Twardość I (N)	$\bar{x}$	91,91	140,02	156,34	131,34	132,35	47,23
	SD	6,03	5,21	4,80	3,76	8,82	4,89
Twardość II (N)	$\bar{x}$	44,53	80,63	105,40	83,65	83,44	35,19
	SD	3,02	4,79	8,58	3,45	6,00	6,55
Szttywność 5 (N)	$\bar{x}$	28,15	43,10	28,96	26,51	9,94	5,30
	SD	2,02	9,36	1,46	1,24	1,98	1,08
Szttywność 8 (N)	$\bar{x}$	68,06	110,13	104,26	78,40	67,53	20,95
	SD	5,47	6,72	4,28	3,43	4,65	1,76
Adhezyjność (mJ)	$\bar{x}$	1,33	2,01	2,39	1,53	1,86	2,14
	SD	0,08	0,01	0,06	0,02	0,09	0,03
Kohezja	$\bar{x}$	0,19	0,27	0,19	0,26	0,26	1,53
	SD	0,05	0,06	0,08	0,03	0,08	0,06
Sprężystość (mm)	$\bar{x}$	2,41	2,92	3,08	3,94	4,03	3,60
	SD	0,58	0,43	0,37	0,32	0,71	0,59
Odbojność	$\bar{x}$	0,14	0,11	0,15	0,13	0,21	0,24
	SD	0,01	0,02	0,05	0,06	0,08	0,03
Gumistość (N)	$\bar{x}$	11,85	15,92	29,62	35,94	34,44	15,08
	SD	1,10	1,61	2,46	3,43	2,78	1,17
Żujność (mJ)	$\bar{x}$	30,80	48,01	91,98	142,36	144,72	59,47
	SD	2,60	2,81	3,92	2,06	5,71	5,74

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 10. Właściwości sensoryczne mięsa szynki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,56	3,38	3,44	3,72	3,72	3,72
	SD	0,53	0,43	0,77	0,44	0,71	0,75
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,89	3,63	3,39	4,11	3,33	3,50
	SD	0,55	0,49	0,82	0,60	0,75	0,50
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	3,17	3,06	2,83	3,56	2,78	2,89
	SD	0,83	0,62	0,94	0,73	0,51	0,60
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	3,56	3,25	2,78	3,44	2,89	3,39
	SD	0,81	0,80	0,94	0,77	0,86	0,55
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,50	3,38	3,17	3,50	3,28	3,50
	SD	0,66	0,64	0,79	0,75	0,62	0,43
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,67	3,31	3,17	3,67	3,17	3,22
	SD	0,94	0,65	0,75	0,66	0,79	0,62

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 11. Właściwości sensoryczne mięsa łopatki po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,44	4,17	3,78	4,11	3,67	3,61
	SD	0,39	0,66	0,67	0,78	0,50	0,78
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,83	4,28	3,67	4,22	3,61	3,28
	SD	0,35	0,51	0,90	0,57	0,42	0,51
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	3,72	3,67	3,61	4,06	3,33	3,50
	SD	0,20	0,66	0,74	0,68	0,56	0,61
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	3,78	4,28	3,78	4,28	3,72	3,94
	SD	0,03	0,57	0,67	0,62	0,36	0,46
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,78	4,11	3,61	3,78	3,39	3,67
	SD	0,67	0,33	0,86	0,36	0,42	0,56
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,83	4,06	3,67	3,83	3,11	3,39
	SD	0,61	0,58	0,44	0,50	0,60	0,65

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Tabela 12. Właściwości sensoryczne mięsa schabu po przechowywaniu chłodniczym i zastosowaniu pulsującego strumienia światła

Wyszczególnienie	Miara statystyczna	Termin przechowywania chłodniczego (dni)					
		1		7		10	
		K	S	K	S	K	S
Zapach – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,22	3,31	2,89	3,83	3,22	3,61
	SD	0,71	0,88	0,70	0,43	0,62	0,60
Zapach – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,61	3,88	3,50	3,78	3,11	3,33
	SD	0,49	0,69	0,71	0,51	0,55	0,66
Soczystość (pkt)	$\bar{x}$	3,72	3,19	3,11	3,50	3,06	3,00
	SD	0,06	0,70	0,36	0,66	0,53	0,61
Kruchość (pkt)	$\bar{x}$	4,22	3,63	3,72	3,72	3,44	3,56
	SD	0,71	0,83	0,51	0,79	0,85	0,63
Smak – natężenie (pkt)	$\bar{x}$	3,67	3,63	3,28	3,56	3,28	3,61
	SD	0,43	0,44	0,87	0,73	0,36	0,42
Smak – pożądalność (pkt)	$\bar{x}$	3,83	3,69	3,57	3,50	3,33	3,44
	SD	0,35	0,46	0,95	0,56	0,50	0,58

Źródło: Badania własne

Objaśnienia: K – kontrolna; S – pulsujący strumień światła

Wnioski

Po zastosowaniu pulsującego strumienia światła stwierdzono spadek ogólnej liczby drobnoustrojów w porównaniu do próby kontrolnej we wszystkich analizowanych mięśniach wieprzowych w poszczególnych okresach przechowywania chłodniczego. W związku z tym, zabieg ten przedłużył trwałość wszystkich analizowanych mięśni wieprzowych. Ponadto wartości aktywności wody były niższe po zastosowaniu tego zabiegu po 10 dniach przechowywania chłodniczego dla wszystkich analizowanych elementów wieprzowych. Również po zastosowaniu pulsującego strumienia światła wartości potencjału oksydoredukcyjnego były niższe dla schabu i łopatki po 7 i 10 dniach przechowywania chłodniczego, co oznacza mniejsze właściwości utleniające mięśni pozyskanych z tych elementów w tych 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. Cabedo L., Picart I., Barrot L., Teixidó I., Canelles A. 2008. Prevalence of *Listeria*, *monocytogenes* and *Salmonella* in ready-to-eat food in Catalonia. Spain. *Journal of Food Protection*. 71. 855-859.
3. Charles F., Vidal V., Olive F., Filgueiras H., Sallanon H. 2013. Pulsed light treatment as new method to maintain physical and nutritional quality of fresh-cut mangoes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 18. 190-195.
4. Czapski J. 2007. Czy nowe znaczy bezpieczne. *Przemysł Spożywczy*. 4. 12-15.
5. Duarte-Molina F., Gomez P.L., Agueda Castro M., Alzamora S.M., 2016. Storage quality of straw berry fruit treated by pulsed light: Fungal decay, water loss and mechanical properties. *Innovative Food Science and Emerging*. 34. 267-274.
6. Gomez P.L., Garcia-Loredo A., Nieto A., Salvatori D. M., Guerrero S., Alzamora S.M. 2012. Effect of pulsed light combined with an antibrowning pretreatment on quality of fresh cut apple. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 16. 102-112.
7. Gomez-Lopez V.M., Ragaert P., Debevere J., Devlieghere F. 2007. Pulsed light for food decontamination: a review. *Trends Food Science and Technology*. 18. 464-473.
8. Hierro E., Barroso E., De la Hoz L., Ordonez A., Manzano S., Fernandez M. 2011 Efficacy of pulsed light for shelf-life extension and inactivation of *Listeria monocytogenes* on read-to-eat cooked meat products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12. 275-281.
9. Hierro E., Ganan M., Barroso E., Fernández M. 2012. Pulsed light treatment for the inactivation in Food Engineering. *New Techniques and Products* (eds: M.L. Passos, C.P. Ribeiro), CRC Press, Boca Raton. 3-58.
10. ISO 8586-2. 2008. Sensory Analysis. General Guidance for the Selection, Training and Monitoring of Assessors.
11. ISO 8587. 2006. Sensory Analysis. Methodology, International Organization for Standardization (ISO).
12. Krzysztofik B., Dróżdż T., Sobol Z., Nawara P., Wrona P. 2005. Metody zabezpieczania i utrwalania surowców oraz produktów żywnościowych - studium przypadku. *Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki - Kraków*. 77-88.
13. 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.
14. 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.
15. PN-EN ISO 4833.2004. Mikrobiologia żywności i pasz - Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów -- Metoda płytkowa w temperaturze 30 stopni C.
16. PN-EN ISO 8589. 2010. General Guidelines for the Design of a Sensory Analysis Laboratory.
17. PN-ISO 936.2000. Mięso i przetwory mięsne - Oznaczanie popiołu całkowitego.
18. Pysz M., Pisulewski P.M., Leszczyńska T. 2006. Wpływ oddziaływania impulsowego i ciągłego pola na wartość żywieniową i właściwości przeciwutleniające kielkowanych nasion soi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 46. 102-116.

Zarządzanie i innowacje w produkcji oraz przechowywalnictwie żywności

19. Rajkovic A., Tomasevic I., Smigic N., Uyttendaele M., Radovanovic R., Devlieghere F. 2010. Pulsed UV light as an intervention strategy against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of a meat slicing knife. *Journal of Food Engineering*. 100. 446-451.
 20. Stepaniak L. 2003. Nietermiczne techniki utrwalania żywności. *Przemysł Spożywczy*. 8. 102-104.
 21. Walczak Z. 1959. Laboratoryjna metoda oznaczania zawartości galarety w konserwach mięsnych. *Roczniki Nauk Rolniczych* 74-B-4, 619.
 22. Wiktor A., Czyżewski J., Hankus M., Wojnowski M., Witrowa-Rajchert D. 2016. Zastosowanie pulsacyjnego światła w technologii żywności: przegląd literatury. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 586. 79-88.
-

- Publikacja opracowana w ramach operacji pn. „*Badania i opracowanie technologii produkcji mięsa wieprzowego w kierunku wydłużenia trwałości przechowywalniczej, 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.
