

## ERYKA PIĘTA

Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Kolegium Nauk Przyrodniczych,  
Uniwersytet Rzeszowski, email: ep118730@stud.ur.edu.pl

### ZMIANY PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH MIĘSA W PROCESIE MROŻENIA

*Mrożenie mięsa ma na celu zapewnienie trwałości i bezpieczeństwa żywnościowego. Celem pracy było przedstawienie wpływu procesu mrożenia mięsa na jego parametry jakościowe. Materiałem badawczym było mięso wieprzowe poddane procesowi zamrażania przez okres 1 i 3 miesięcy. Wykazano, że choć proces mrożenia wprowadza pewne zmiany w strukturze mięsa, nie wpływa znacząco na jego jakość. Mrożenie nie dyskwalifikuje mięsa z punktu widzenia konsumenta, o ile proces mrożenia i przechowywania jest przeprowadzony prawidłowo.*

**Słowa kluczowe:** mięso wieprzowe, mrożenie, jakość

### CHANGES IN MEAT QUALITY PARAMETERS DURING THE FREEZING PROCESS

***Abstract:** Freezing meat is aimed at ensuring shelf life and food safety. The purpose of this study was to present the effect of the meat freezing process on its quality parameters. The research material was pork meat subjected to the freezing process for 1 and 3 months. It was shown that although the freezing process introduces some changes in the structure of meat, it does not significantly affect its quality. Freezing does not disqualify meat from the consumer's point of view, as long as the freezing and storage process is carried out correctly.*

**Keywords:** pork, freezing, quality

#### I. WSTĘP

Mięso wieprzowe jest istotnym elementem diety człowieka. Dostarcza białka o wysokiej wartości biologicznej, niezbędne kwasy tłuszczowe, witaminy z grupy B oraz mikroelementy, takie jak cynk, selen i żelazo. Ze względu na swoje wartości odżywcze i szeroką dostępność, stanowi jedno z najczęściej spożywanych mięs na świecie [Brzegowy 2021]. W 2023 roku konsumpcja wieprzowiny w Europie wyniosła średnio 39,9 kg ekwiwalentu tuszy na osobę rocznie. W większości krajów spadł procent spożycia, z wyjątkiem Niemiec i Włoch (gdzie wzrósł odpowiednio o 0,5% i 0,2%). Największy spadek spożycia odnotowano w Holandii (z 43,9 kg w 2022 r. do 32,1 kg w 2023 r.), głównie z powodu presji społecznej. W Danii spożycie zmniejszyło się o 11,5%, we Francji o 3,1%, w Hiszpanii o 1,7%, a w Polsce o 1,1%.

---

**DOI: 10.15584/pjsd.2024.28.2.8**

Dania i Hiszpania pozostają jednak liderami konsumpcji wieprzowiny (73,6 kg i 53,8 kg), a Polska zajmuje trzecie miejsce w Europie (50,7 kg na osobę / rok) [Pork Consumption ... 2023]. Spadek konsumpcji tego mięsa w wielu krajach wynika z obaw o bezpieczeństwo żywności oraz z rosnącej popularności zdrowych i świeżych produktów, które łatwo przygotować. Jakość oraz bezpieczeństwo mięsa wieprzowego ma więc decydujące znaczenie dla konsumentów i dlatego ważne jest, aby stale poprawiać jego standardy jakościowe i dbać o spełnianie rygorystycznych wymagań dotyczących bezpieczeństwa. Konsumentom muszą mieć pewność, że spożywane przez nich mięso jest nie tylko wartościowe, ale również w pełni bezpieczne [Zduńczyk 2024].

Mrożenie to jedna z najważniejszych metod utrwalania żywności, stosowana jest powszechnie w przemyśle spożywczym. Dzięki obniżeniu temperatury poniżej  $-18^{\circ}\text{C}$ , spowalnia się rozwój mikroorganizmów oraz procesy biochemiczne, co pozwala na przedłużenie trwałości mięsa i zachowanie jego świeżości. Choć mrożenie ma wiele zalet, wprowadza zmiany w strukturze mięsa, które wpływają na jego jakość. Głównym problemem może być przemiana wody w lód, która powoduje uszkodzenia tkanki mięśniowej oraz zmienia właściwości błon komórkowych. W rezultacie mięso może tracić wodę, zmieniać barwę, a także wykazywać inne zmiany fizykochemiczne, jak spadek przewodności elektrycznej czy osłabienie wodochłonności. Te zmiany zmniejszają wartość kulinarną i technologiczną mięsa, co ma wpływ na jego przydatność zarówno w przemyśle, jak i w domowym użytkowaniu [Tereszkiewicz i in. 2018]. Okres przydatności mięsa do spożycia ustala się na podstawie takich cech jak: wygląd, tekstura, kolor, wartości odżywcze, aktywność mikrobiologiczna oraz smak. Procesy mrożenia, przechowywanie w zamrażalce i rozmrażanie wpływają na wszystkie inne cechy [Leygonie i in. 2012].

Celem pracy było zbadanie wpływu długości mrożenia schabu na jego parametry jakościowe.

## II. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do badań wykorzystano część tuszy wieprzowej w postaci schabu bez kości, o łącznej masie wynoszącej około 12 kg, pozyskanych bezpośrednio od producenta. Materiał badawczy został podzielony na trzy części, które kolejno stanowiły próbę kontrolną (mięso świeże), próbę poddaną procesowi mrożenia w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$  przez okres 1 miesiąca oraz próbę poddaną procesowi mrożenia w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$  przez okres 3 miesięcy. Po upływie wytypowanych terminów, próby mięsa zostały rozmrożone w temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$  (czas trwania procesu 24 godziny). Następnie próbki poddano analizom laboratoryjnym. Określono:

- wartość siły cięcia ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ), parametry tekstury - przy użyciu szerometru Warnera-Bratzlera,
- odczyn mięsa - przy użyciu pH-metru (CP-411 z elektrodą OSH-12-021),
- wyciek termiczny - wg metody Janickiego i Walczaka,
- wodochłonność - metodą Grau'a-Hamma,
- skład chemiczny (zawartość wody [%], zawartość białka [%], zawartość tłuszczu [%], zawartość kolagenu [%]) analizator NIR-FoodCheck,
- parametry barwy - przy użyciu kolorymetru NR20XE,
- aktywność wody - przy użyciu urządzenia Lab Master neo aw., zgodnie z metodyką opracowaną w pracy Duma i in. [2018], Rudy i in. [2018] oraz Wójciak i in. [2024].

Uzyskane wyniki podano jako średnie  $\pm$  odchylenie standardowe SD. Wyniki zostały poddane analizie statystycznej. Wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji, a istotność różnic między średnimi oceniono za pomocą testu Tukeya, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ . Istotne różnice między średnimi zostały oznaczone literami a; b. Brak literowego oznaczenia lub taki sam symbol przy różnych średnich oznacza brak istotnych różnic. Obliczenia statystyczne przeprowadzono za pomocą oprogramowania STATISTICA (wersja 13.3).

### III. WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 umieszczono dane odnoszące się do składu chemicznego mięsa przechowywanego zamrażalniczo.

Zawartość wody, białka, tłuszczu i kolagenu w mięsie zmniejszała się w zależności od czasu przechowywania zamrażalniczego. Jednak nie były to zmiany istotne statystycznie. Największy wpływ odnotowano w przypadku wody i kolagenu, którego zawartość spadła o 0,12%. Wyniki sugerują, że białko i tłuszcz pozostają stabilne podczas mrożenia. Natomiast dłuższe przechowywanie może wpływać na strukturę białek w produkcie.

Pomianowski i Sobotka [2018] wykazali istotne statystycznie zmiany w zawartości białka w mięsie przechowywanym zamrażalniczo. Z kolei Medić i in. [2018] nie stwierdzili istotnych różnic statystycznych w zawartości wody, białka i tłuszczu w tak przechowywanym mięsie. Ubytek wody w mięsie podczas mrożenia, związany ze wzrostem zawartości suchej masy, jest naturalnym zjawiskiem, co potwierdzili Tereskiewicz i in. [2018].

**Tabela 1 - Table 1**

Skład chemiczny mięsa przechowywanego zamrażalniczo / *Chemical composition of freezer-stored meat* [%]

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Czas przechowywania zamrażalniczego [m-ce] / <i>Freezer storage time [months]</i>		
	0	1	3
Zawartość wody / <i>Water content</i>	73,22 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	72,98 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	72,53 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>
Zawartość białka / <i>Protein content</i>	20,18 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	20,12 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	20,03 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
Zawartość tłuszczu / <i>Fat content</i>	5,15 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	5,10 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	5,08 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>
Zawartość kolagenu / <i>Collagen content</i>	2,34 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	2,32 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	2,22 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

\*brak różnic statystycznie istotnych na poziomie  $p \leq 0,05$  / \*no statistically significant differences at the  $p \leq 0,05$  level

Tabela 2 przedstawia właściwości fizykochemiczne mięsa przechowywanego zamrażalniczo. Siła cięcia znacząco spadła po 3 miesiącach (o 11,16 N/cm<sup>2</sup>) w porównaniu do mięsa świeżego i przechowywanego przez 1 miesiąc, co wskazuje na zmiękczenie struktury.

**Tabela 2 - Table 2**

Wybrane właściwości fizykochemiczne mięsa przechowywanego zamrażalniczo / *Selected physicochemical properties of freezer-stored meat*

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Czas przechowywania zamrażalniczego [m-ce] <i>Freezer storage time [months]</i>		
	0	1	3
Aktywność wody / <i>Water activity</i>	0,9478 $\pm$ 0,0020 <sup>a</sup>	0,9470 $\pm$ 0,0012 <sup>a</sup>	0,9414 $\pm$ 0,0020 <sup>a</sup>
pH	5,28 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	5,51 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	5,53 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>
Wyciek termiczny / <i>Thermal leakage</i> [%]	18,62 $\pm$ 1,28 <sup>a</sup>	18,20 $\pm$ 1,26 <sup>a</sup>	17,15 $\pm$ 1,14 <sup>a</sup>
Strata przechowalnicza / <i>Storage loss</i> [%]		3,19 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	5,97 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>
Wyciek wymuszony / <i>Forced leakage</i> [cm <sup>2</sup> ]	9,12 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	9,12 $\pm$ 0,94 <sup>a</sup>	9,65 $\pm$ 0,96 <sup>a</sup>
Siła cięcia / <i>Cutting force</i> [N/cm <sup>2</sup> ]	52,84 $\pm$ 5,20 <sup>a</sup>	48,09 $\pm$ 3,19 <sup>a</sup>	41,68 $\pm$ 3,96 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> – różnice statystycznie istotne na poziomie  $p \leq 0,05$  / <sup>a, b</sup> – statistically significant differences at the  $p \leq 0,05$  level

Aktywność wody wzrosła po 3 miesiącach w porównaniu do wartości w mięsie świeżym i przechowywanym przez 1 miesiąc. pH mięsa było wyższe po 1 i 3 miesiącach przechowywania, co może świadczyć o zmianach biochemicznych. Wyciek termiczny zmniejszył się o 1,47%, co sugeruje lepszą zdolność zatrzymywania wody podczas obróbki termicznej. Strata przechowalnicza wzrosła o 2,78%, wskazując na zwiększoną utratę masy podczas zamrażania, a wyciek wymuszony wzrósł o 0,53 cm<sup>2</sup>, co może być związane z osłabieniem struktury mięsa. Zauważyć można, że zamrażanie przez 3 miesiące powoduje największe zmiany w sile cięcia, aktywności wody i stracie przechowalniczej, gdy wyciek termiczny ulega niewielkiej poprawie.

Holman i in. [2017] odnotowali stabilne wartości aktywności wody w mięsie przechowywanym zamrażalniczo. Medić i in. [2018] również uzyskali wyniki podobne do niniejszych, jednak po 3 miesiącach aktywność wody nieznacznie wzrosła, przewyższając wartości dla mięsa świeżego, co tłumaczono stałymi warunkami zamrażania. Wartości pH w niniejszej pracy różniły się od wyników Medić i in. [2018], którzy stwierdzili brak istotnych zmian pH po 3 miesiącach przechowywania w porównaniu do mięsa świeżego. Z kolei Tereszkiewicz i in. [2018] zaobserwowali podobne poziomy pH, jednak ich badania wskazały na obecność cech mięsa PSE, co wiązano z najniższym zakwaszeniem między 30 a 90 dniem przechowywania. Holman i in. [2017] wykazali spadek pH wraz z wydłużeniem czasu zamrażania mięsa wieprzowego, natomiast Ludwiczak i in. [2019] nie odnotowali istotnych zmian pH w mięsie danieli przechowywania przez 60 dni.

Mediść i in. [2018] stwierdzili, że wyciek termiczny był najmniejszy w mięsie świeżym, a największy w mięsie przechowywanym przez 3 i 6 miesięcy. W badaniach własnych odnotowano odwrotną tendencję: największy wyciek termiczny w mięsie świeżym, a najmniejszy po 3 miesiącach zamrażania. W obu badaniach różnice te nie były jednak istotne statystycznie, co sugeruje brak wpływu na funkcjonalność mięsa. Zarówno badania własne, jak i wyniki Holmana i in. [2017] wykazały, że największa strata przechowalnicza wystąpiła po 3 miesiącach przechowywania zamrażalniczego.

Tereszkiewicz i in. [2018] odnotowali, że wyciek wymuszony mięsa pozostawał niemal niezmienny we wszystkich okresach przechowywania. W przypadku mięsa wieprzowego zaobserwowano znacząco niższe wartości wycieku wymuszonego podczas zamrażania, a po 30 dniach przechowywania wyciek był mniejszy niż przed zamrożeniem. Natomiast w badaniach własnych wartość wycieku wymuszonego wzrosła po 3 miesiącach przechowywania. Siła cięcia mięsa w badaniach własnych znacząco zmalała po 3 miesiącach zamrażania, co jest zgodne z wynikami Andrews i in. [2000], Coombs i in. [2017] oraz Medić i in. [2018]. Stwierdzili oni obniżenie siły cięcia w wyniku zamrażania mięsa wieprzowego.

Tabela 3 przedstawia dane o twardości i sztywności mięsa przechowywanego zamrażalniczo.

**Tabela 3 - Table 3**

Twardość i sztywność mięsa przechowywanego zamrażalniczo / *Hardness and stiffness of freezer-stored meat* [N]

Wyszczególnienie Specification	Czas przechowywania zamrażalniczego [m-ce] <i>Freezer storage time [months]</i>		
	0	1	3
Twardość 1 / <i>Hardness 1</i>	162,68 ± 16,24 <sup>a</sup>	45,26 ± 4,46 <sup>b</sup>	61,57 ± 6,58 <sup>b</sup>
Twardość 2 / <i>Hardness 2</i>	118,33 ± 11,41 <sup>a</sup>	33,79 ± 3,31 <sup>b</sup>	42,72 ± 3,80 <sup>b</sup>
Sztywność 1 / <i>Rigidity 1</i>	22,16 ± 2,20 <sup>a</sup>	5,81 ± 0,16 <sup>b</sup>	6,07 ± 0,49 <sup>b</sup>
Sztywność 2 / <i>Rigidity 2</i>	103,82 ± 9,87 <sup>a</sup>	20,11 ± 2,07 <sup>b</sup>	26,93 ± 2,52 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> – różnice statystycznie istotne na poziomie  $p \leq 0,05$  / <sup>a, b</sup> – statistically significant differences at the  $p \leq 0,05$  level

Wszystkie badane parametry są istotnie różne pomiędzy mięsem świeżym a przechowywanym przez 1 i 3 miesiące. Twardość 1 zmniejszyła się o 72,18% po 1 miesiącu,

a następnie wzrosła o 36,08% po 3 miesiącach. Twardość 2 spadła o 71,45% po 1 miesiącu, a po 3 miesiącach wzrosła o 26,49%. Podobne zmiany zaobserwowano w przypadku sztywności: sztywność 1 zmalała o 73,78% po 1 miesiącu i wzrosła o 4,47% po 3 miesiącach, natomiast sztywność 2 najpierw spadła o 80,63%, a po 3 miesiącach wzrosła o 33,92%. Wyniki wskazują, że zarówno twardość, jak i sztywność mięsa podlegają istotnym zmianom podczas zamrażania.

Badania Jin i Kim [2023] potwierdziły brak istotnych statystycznie różnic w twardości mięsa między mięsem świeżym a przechowywanym zamrażalniczo przez 1 miesiąc, co pokrywa się z wynikami badań własnych. Z kolei badania Gila i in. [2018] na mięśniu *longissimus dorsi* dzika, wykazały istotne zmiany w twardości 1 i po 30 i 90 dniach przechowywania, podczas gdy twardość 2 nie uległa zmianom istotnie statystycznym. Stanisławczyk i in. [2019] zauważyli istotne różnice w twardości 1 i 2 w mięsie końskim marynowanym w kwasie cytrynowym i przechowywanym zamrażalniczo przez 1 i 3 miesiące.

Tabela 4 przedstawia dane dotyczące pozostałych parametrów tekstury mięsa przechowywanego zamrażalniczo. Odbojność i sprężystość były wyższe w mięsie przechowywanym przez 3 miesiące w porównaniu do mięsa świeżego i przechowywanego przez 1 miesiąc. Kohezja i gumistość wykazały istotne statystycznie różnice między mięsem świeżym a mięsem przechowywanym przez 1 i 3 miesiące. Wyniki pokazują, że podczas przechowywania zamrażalniczego następują zmiany w strukturze mięsa. Adhezyjność zmniejszyła się o 48,98%, a odbojność wzrosła o 50%, co wskazuje na większą zdolność mięsa do odzyskiwania kształtu po deformacji. Kohezja wzrosła o 32,14%, sprężystość o 27,88%, podczas gdy gumistość zmniejszyła się o 61,84%, a następnie wzrosła o 41,84%. Żujność zmniejszyła się o 58,13%, a następnie wzrosła o 65,73%. Największe zmiany zaobserwowano w gumistości i żujności, które początkowo znacznie spadły, a następnie wzrosły. Adhezyjność malała, natomiast odbojność, kohezja i sprężystość wzrosły, co sugeruje zmiany w strukturze mięsa wynikające z zamrażania.

**Tabela 4 - Table 4**

Pozostałe parametry tekstury mięsa przechowywanego zamrażalniczo / Other texture parameters of freezer-stored meat

Wyszczególnienie Specification	Czas przechowywania zamrażalniczego [m-ce] / Freezer storage time [months]		
	0	1	3
Adhezyjność / Adhesiveness	1,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,08 ± 0,19 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,02 <sup>a</sup>
Odbojność / Resilience	0,20 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,02 <sup>b</sup>
Kohezja / Cohesiveness	0,28 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,36 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,03 <sup>b</sup>
Sprężystość / Springiness [mm]	4,25 ± 0,30 <sup>a</sup>	4,56 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,44 ± 0,17 <sup>b</sup>
Gumistość / Gumminess [N]	42,7 ± 3,404 <sup>a</sup>	16,30 ± 1,54 <sup>b</sup>	23,11 ± 1,88 <sup>b</sup>
Żujność / Chewiness [mJ]	182,20 ± 13,88 <sup>a</sup>	76,30 ± 6,90 <sup>a</sup>	126,50 ± 12,58 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> – różnice statystycznie istotne na poziomie  $p \leq 0,05$  / <sup>a, b</sup> – statistically significant differences at the  $p \leq 0,05$  level

W badaniach Jin i Kim [2023] nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian w kohezji, sprężystości, żujności oraz adhezyjności między mięsem świeżym a mięsem przechowywanym zamrażalniczo przez 1 miesiąc. Z kolei badania Gila i in. [2018] na mięśniu *longissimus dorsi* dzika wykazały istotne różnice w adhezyjności i kohezji między mięsem świeżym a przechowywanym zamrażalniczo przez 90 dni. Sprężystość mięsa świeżego różniła się statystycznie istotnie od tej cechy w mięsie przechowywanym przez 30 i 90 dni. Różnice w żujności pojawiły się po 90 dniach przechowywania zamrażalniczego.

W badaniach Liu i in. [2023] kohezja, odbojność i sprężystość mięsa wieprzowego przechowywanego przez 1 i 2 miesiące w tradycyjnych warunkach zamrażania wykazały

istotne zmiany statystyczne. Natomiast mięso zamrożone polem magnetycznych w tym samym okresie czasu wykazało istotne zmiany statystyczne jedynie w przypadku kohezji i odbojności.

Domaradzki i in. [2014] przeprowadzili badania na mięsie wieprzowym pakowanym próżniowo, gdzie zaobserwowali zmniejszenie sprężystości i zwiększenie gumistości w porównaniu do wyników prób, które nie zostały zamrożone.

Tabela 5 przedstawia dane dotyczące parametrów barwy mięsa przechowywanego zamrażalniczo. Parametry te różniły się istotnie statystycznie w mięsie przechowywanym przez 3 miesiące w porównaniu do mięsa świeżego oraz przechowywanego przez 1 miesiąc. Jasność zmniejszyła się o 7,26%, wskazując na ciemnienie mięsa, natomiast kolor czerwony wzrósł o 10,36%, a kolor żółty o 17,68%, co wskazuje na zmiany w barwie podczas przechowywania.

Podobne wyniki uzyskali Veira i in. [2009]. Zaobserwowali oni zmniejszenie jasności i koloru czerwonego w wyniku długotrwałego przechowywania zamrażalniczego mięsa, ale nie zaobserwowali wpływu na kolor żółty. W niniejszej pracy, wraz z czasem przechowywania, wzrastał udział barwy czerwonej oraz żółtej. Pomianowski i Sobotka [2018] stwierdzili, że ze wzrostem pH i czasu przechowywania zamrażalniczego maleje jasność barwy. Medić i in. [2018] zauważyli, że jasność barwy była niższa w mięsie mrożonym pakowanym próżniowo, niezależnie od czasu przechowywania. Badania Wereńskiej i Okruszka [2023] wykazały, że jasność i kolor czerwony zmniejszały się wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego, a Ludwiczak i in. [2019] zaobserwowali spadek wartości koloru czerwonego po 60 dniach przechowywania zamrażalniczego.

**Tabela 5 - Table 5**

Parametry barwy mięsa przechowywanego zamrażalniczo / *Color parameters of freezer-stored meat*

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Czas przechowywania zamrażalniczego [m-ce] / <i>Freezer storage time [months]</i>		
	0	1	3
Jasność / <i>Lightness</i>	63,75 ± 1,65 <sup>a</sup>	60,14 ± 3,24 <sup>a</sup>	59,12 ± 2,53 <sup>a</sup>
Kolor czerwony / <i>Redness</i>	11,20 ± 0,40 <sup>a</sup>	11,71 ± 0,57 <sup>a</sup>	12,36 ± 0,64 <sup>b</sup>
Kolor żółty / <i>Yellowness</i>	5,78 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,99 ± 0,64 <sup>a</sup>	6,80 ± 0,67 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> – różnice statystycznie istotne na poziomie  $p \leq 0,05$  / <sup>a, b</sup> – *statistically significant differences at the  $p \leq 0,05$  level*

#### IV. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały zmiany we właściwościach mięsa przechowywanego zamrażalniczo. Zaobserwowano spadek zawartości wody, białka, tłuszczu i kolagenu. Pojawiły się również zmiany w strukturze mięsa, takie jak zmiękczenie oraz wzrost aktywności wody. Twardość i sztywność mięsa uległy początkowemu zmniejszeniu, a następnie częściowo wzrosły. Zmiany dotyczyły również tekstury i barwy mięsa, które nie tylko stało się ciemniejsze, ale również jego czerwony i żółty kolor stał się bardziej intensywny. Opisane zmiany nie obniżyły istotnie kondycji mięsa ani jego jakości.

Mrożenie mięsa wieprzowego jest więc metodą, która może pomagać ograniczyć jego straty zarówno w skali przemysłowej, jak i w gospodarstwach domowych. Proces ten pozwala na przedłużenie trwałości produktu, ograniczając jego psucie oraz wzrost obciążenia mikrobiologicznego. Stosowanie tej technologii pozwala na zachowanie jakości i wartości użytkowej mięsa, ale także ogranicza ilość wygenerowanych odpadów spożywczych. Metoda ta stanowi więc praktyczne rozwiązanie pozwalające ograniczyć marnowanie żywności, wspierając tym samym ochronę środowiska.

Mimo, że proces mrożenia wprowadza pewne zmiany w strukturze mięsa nie wpływa to na jakość produktu w sposób, który dyskwalifikowałby go z punktu widzenia konsumenta, o ile proces mrożenia i przechowywania jest przeprowadzony prawidłowo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Andrews B.S., Unruh J.A., Hunt M.C., Kastner C.L. 2000. Effects of freezing pork chops on Warner-Bratzler shear force and cookery traits. *Swine Day*. 740. 155-156.
2. Brzegowy M. 2021. Wieprzowina – wartości odżywcze, przechowywanie, przepisy. Czy jest zdrowa? dok. elektr. [https://www.doz.pl/czytelnia/a15724-Wieprzowina\\_wartosci\\_odzywczep\\_rzechowywanie\\_przepisy\\_Czy\\_jest\\_zdrowa](https://www.doz.pl/czytelnia/a15724-Wieprzowina_wartosci_odzywczep_rzechowywanie_przepisy_Czy_jest_zdrowa), data wejścia: 04.01.2025]
3. Coombs C.E.O., Holman B.W.B., Collins D., Friend M.A., Hopkins D.L. 2017. Effects of chilled-then-frozen storage (up to 52 weeks) on lamb *M. longissimus lumborum* quality and safety parameters. *Meat Science*. 134. 86-97.
4. Domaradzki P., Skałcki P., Florek M., Litwińczuk A. 2011. Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 4(77). 117-126.
5. Duma P., Barud B., Głodek E., Rudy M., Marchel M., Gil M. 2018. Porównanie wybranych wyróżników jakości mięsa kurecząt brojlerów i indyków. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*. 71(2). 58-67.
6. Gil M., Rudy M., Duma-Kocan P. 2018. Wpływ przechowywania zamrażalniczego na właściwości fizykochemiczne *M. longissimus dorsi* i *M. quadriceps femoris* z dzika. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*. 73(2). 5-16.
7. Holman B.W.B. Coombs C.E.O. Morris S. Kerr M.J. Hopkins D.L. 2017. Effect of long term chilled (up to 5 weeks) then frozen (up to 12 months) storage at two different sub-zero holding temperatures on beef: 1. Meat quality and microbial loads. *Meat Science*. 133. 133-142.
8. Jin S-K, Kim G-D. 2023. Effects of nitrite-rich and pigment-rich substitutes for sodium nitrite on the quality characteristics of emulsion-type pork sausages during cold storage. *Meat Science*. 201. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109193>.
9. Leygonie C., Britz T.J., Hoffman C. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*. 91 (2). 93-98.
10. Liu F., Yang N., Zhang L., Jin Y., Jin Z., Xu X. 2023. Effect of weak magnetic field on the water-holding properties, texture, and volatile compounds of pork and beef during frozen storage. *Food Bioscience*. 53. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102667>.
11. Ludwiczak A., Bykowska-Maciejewska M., Składanowska-Baryza J., Stanisza M. 2019. Influence of the method of storage on the quality of venison from wild fallow deer (*Dama dama*). *Meat Science*. 156. 98-104.
12. Medić H., Kušec I.D., Pleadin J., Kozaiński L., Njari B., Hengl B., Kušec G. 2018. The impact of frozen storage duration on physical, chemical and microbiological properties of pork. *Meat Science*. 140. 119-127.
13. Pomianowski J.F., Sobotka W. 2018. Wpływ terminu przechowywania na skład chemiczny, właściwości technologiczne i sensoryczne mięsa wieprzowego. *Problemy Higieny Epidemiologii*. 99(4). 331-335.
14. Pork Consumption in Europe in 2023. [dok. elektr. <https://www.pig333.com/>, data wejścia 27.11.2024].
15. Rudy M., Gil M., Żurek J., Angrys P. 2018. Zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych mięśnia najdłuższego grzbietu podczas przechowywania

- chłodniczego w zależności od płci bydła. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*. 72(2). 17-30.
16. Stanisławczyk R., Rudy M., Gil M. 2019. The influence of frozen storage and selected substances on the quality of horse meat. *Meat Science*. 155. 74-78.
  17. Tereszkievicz K., Pigoń M., Molenda P., Choroszy K. 2018. Wpływ warunków przechowywania zamrażalniczego na wybrane parametry jakościowe mięsa drobiowego i wieprzowego. *Autobusy*. 6. 1137-1140.
  18. Veira C., Diaz M., Beatriz M., García-Cachán M. D. 2009. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different stages of aging. *Meat Science*. 83(3). 398-404.
  19. Wereńska M., Okruszek A. 2023. Impact of frozen storage on some functional properties and sensory evaluation of goose meat. *Poultry Science*. 102(10). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102894>.
  20. Wójciak K., Materska M., Pełka A., Michalska A., Małecka-Massalska T., Kačániová M., Čmiková N., Słowiński M. 2024. Effect of the Addition of Dandelion (*Taraxacum officinale*) on the Protein Profile, Antiradical Activity, and Microbiological Status of Raw-Ripening Pork Sausage. *Molecules*. 29. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules29102249>.
  21. Zduńczyk W., Tkasz K., Pietrzak-Fiećko R., Bottari B., Modzelewska-Kapituła M. 2024. Pork as a source of nutrients in a human diet - comparison of meat obtained from conventional and organic systems offered in the Polish market. *NFS Journal*. 37. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2024.100199>.