

Dr inż. Anna AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR
Dr inż. Małgorzata ORMIAN
Dr inż. hab. Zofia SOKOŁOWICZ
Katedra Produkcji Zwierzęcej i Oceny Produktów Drobiarskich
Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

ZMIANY CECH JAKOŚCIOWYCH MIĘŚNI PIERSIOWYCH KURCZĄT BROJLERÓW PRZECHOWYWANYCH ZAMRAŻALNICZO®

Changes of quality properties of broiler chickens breast muscles during
frozen storage duration®

Słowa kluczowe: przechowywanie zamrażalnicze, jakość, mięśnie piersiowe, kurczęta brojlery.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wpływu czasu przechowywania zamrażalniczego na jakość mięśni piersiowych kurcząt brojlerów. Parametry jakościowe oceniono na schłodzonych mięśniach piersiowych przed procesem zamrażania oraz rozmrożonych po 2., 4. i 8. tygodniach przechowywania zamrażalniczego. Oceniano jakość surowych mięśni piersiowych i poddanych obróbce termicznej. Badania wykazały, że przechowywanie mięśni piersiowych w warunkach zamrażalniczych (temperatura -20°C) i rozmrażanych w powietrzu (4°C) pozwoliło w dużym stopniu zachować cechy jakości mięsa świeżego. W miarę wydłużania czasu przechowywania zamrażalniczego następowało zwiększenie kruchości i wycieku rozmrażalniczego oraz obniżenie jakości sensorycznej, głównie natężenia zapachu i soczystości badanego surowca.

Key words: freezing storage, quality, breast muscles, broiler chicken.

The aim of the article is to present research results concerning the impact of the freezing storage time on the quality of chicken breast muscles. The qualitative parameters were evaluated on cooled breast muscles before the freezing process and thawed breast muscles after the 2nd, 4th and 8th weeks of frozen storage. The quality of raw and thermally treated breast muscles was assessed. Research has shown that breast muscles storage in freezing conditions (temperature -20°C) and thawed in the air (4°C) allowed to maintain the quality features of fresh meat. As the time of freezing storage increased, the brittleness and thawing loss increased and the sensory quality decreased, mainly the intensity of the aroma and the juiciness of the raw material.

WSTĘP

Popyt na mięso drobiu grzebiącego (kurczęta i indyki) nieustannie wzrasta. Tendencja rozwojowa produkcji i spożycia mięsa drobiowego ma dwie przyczyny. Pierwsza to aspekt finansowy, związany z jego niższą ceną w porównaniu z ceną mięsa wołowego i wieprzowego [15, 19]. Drugą przyczyną to aspekt żywieniowo-zdrowotny związany z walorami dietetycznymi mięsa drobiowego. O jego wyborze decyduje również jego wartość odżywcza, kulinarna i sensoryczna. Na mocno nasyconym rynku produktów mięsnych kwestia jakości ma duże znaczenie [18]. Specyfiką produktu mięsnego jest jego krótka trwałość [5].

Kulinarne mięso drobiowe znajdujące się w krajowym obrocie handlowym oferowane jest głównie w postaci chłodzonej, natomiast zamrażanie stanowi powszechnie stosowaną metodę zagospodarowania jego nadwyżek [8]. Mrożenie jest efektywną metodą utrwalania, pozwalającą na zachowanie dobrej jakości produktu przez długi czas. Korzyścią

wynikającą z mrożenia, w porównaniu z dystrybucją mięsa chłodzonego jest także możliwość dłuższego przechowywania oraz większa elastyczność w handlu hurtowym, detalicznym oraz gospodarstwach domowych. Jakość mrożonego mięsa zależy od pierwotnych zmian poprzedzających zamrażanie oraz od wtórnych powstałych na poszczególnych etapach obróbki zamrażalniczej i przechowalniczej [3, 4, 13]. Do zamrażania powinno kierować się tylko surowiec o wysokiej jakości. Trwałość i jakość produktów mrożonych zależy od odpowiednich parametrów zamrażania, warunków przechowywania zamrażalniczego (stałości temperatury), czasu przechowywania oraz metody rozmrażania [1, 8, 11]. Popularną metodą rozmrażania mięsa wykorzystywaną przez konsumentów w warunkach domowych jest rozmrażanie w powietrzu w warunkach chłodniczych.

Zakres pracy przedstawionej w artykule obejmuje ocenę paramentów jakościowych mięsa surowego i poddanego obróbce termicznej, w tym ocenę sensoryczną.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły mięśnie piersiowe pozyskane od 35-dniowych kurcząt brojlerów ROSS 308. Kurczęta odchowywano na ściółce i żywiono do woli standardową mieszanką dla kurcząt brojlerów (Starter, Grower i Finisz). Ubój i dysekcję kurcząt przeprowadzono w warunkach przemysłowych zgodnie z wymaganiami techniczno-sanitarnymi obowiązującymi w przemyśle drobiarskim. Tuszki poddano dwustopniowemu schładzaniu tj. w wodzie do temperatury 16°C, a następnie metodą owiewowo-natryskową do temperatury 2°C wewnątrz mięśnia piersiowego. Mięśnie piersiowe bez skóry i tłuszczu podskórnego wykrawano manualnie. Bezpośrednio po dysekcji mięśnie piersiowe przewieziono w warunkach chłodniczych i przechowywano w chłodziarni w temperaturze 4°C przez 24 godziny. Z każdego podwójnego mięśnia odważano próbki do analiz na schłodzonym mięśni (n=30) i próbki przeznaczone do zamrażania (grupa A - pojedyncze mięśnie piersiowe (lewe) do oznaczeń surowego surowca n= 30 i grupa B - pojedyncze mięśnie piersiowe (prawe) do oznaczeń surowca po obróbce termicznej (n= 30), które zważono, oznaczono i zapakowano w woreczki polietylenowe. Mięśnie poddano zamrożeniu w temperaturze -20°C i przechowywano w warunkach zamrażalniczych w zamrażarce szufladowej (GN 3056 firmy Liebherr, Niemcy) przez 2 tygodnie (grupa I), 4 tygodnie (grupa II) oraz 8 tygodni (grupa III). Po okresie przechowywania próbki rozmrażano w szafie chłodniczej (FKV 36110 firmy Liebherr, Niemcy) w warunkach powietrza atmosferycznego w temperaturze (4°C) przez 12 godzin nie wyjmując z woreczków.

W ocenie laboratoryjnej surowych mięśni piersiowych przed i po procesie zamrażania uwzględniono: wielkość wycieku rozmrażalniczego, pH, barwę oraz kruchość, a po obróbce termicznej barwę, kruchość, ubytki termiczne i ocenę sensoryczną.

Wielkość wycieku rozmrażalniczego oznaczono poprzez umiejscowienie próbek na kuwecie wyposażonej w kratkę dystansową o grubości 5 mm, w celu uniemożliwienia stykania się wycieku mięsnego z próbką. Wielkość wycieku wyliczono na podstawie różnicy masy przed i po procesie zamrażania na podstawie wzoru:

$$W_r(\%) = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1} \right) \times 100\% \quad (1)$$

gdzie: W_r – wielkość wycieku rozmrażalniczego (%),
 M_1 – masa próbki przed rozmrożeniem (g),
 M_2 – masa próbki po rozmrożeniu (g).

Pomiar pH wykonano elektrodą sztyletową połączoną z pehametrem (HI 99163 firmy Hanna, Niemcy). Pomiarów parametrów barwy powierzchni przekroju mięśni (przecinanych równoległe do przebiegu włókienek mięśniowych) wykonywano w systemie CIE L*a*b* przy użyciu spektrofotometru Chroma Meter (Konica Minolta Osaka, Japonia) z głowicą CR 400, przy ustawieniach dla oświetlenia zgodnego z iluminatorem D₆₅. Wykonano po trzy powtórzenia pomiarów barwy każdej próbki i wyliczono wartości średnie poszczególnych parametrów barwy: L* (jasność), a* (udział barwy czerwonej), b* (udział barwy żółtej). Kruchość oceniono na podstawie pomiaru siły cięcia (F_{max}) przy użyciu

maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell BT1-FR1.OTH. D14 (Zwick CmbH&Co. KG.Ulm, Niemcy) stosując różniczkowy (V-blade) Warner-Bratzler przy prędkości przesuwu głowicy 100 mm·min⁻¹ i sile wstępnej 0,2 N (cięciu poddano słupki mięśni o przekroju 100 mm² i długości 50 mm). Cięcie prowadzono prostopadłe do przebiegu włókienek mięśniowych. Wyniki pomiaru siły cięcia opracowano z wykorzystaniem programu Test Xpert II.

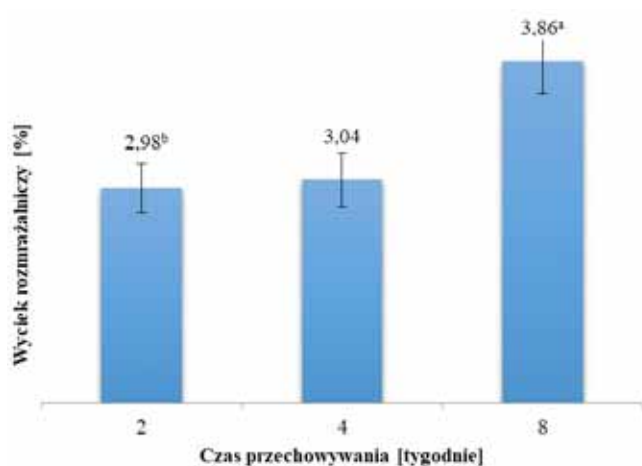
Po rozmrożeniu próbki (grupa B) zważono z dokładnością do 0,1g i poddano gotowaniu w wodzie zawierającej 0,6% chlorku sodu (proporcja mięso/woda 1:2) do osiągnięcia wewnątrz próbki temperatury 82°C±2°C. Ubytki masy wyliczono na podstawie różnicy masy przed i po obróbce termicznej. W celu oceny sensorycznej próbki studzono do temperatury 20°C±2°C, krojono w plastry prostopadłe do przebiegu włókienek mięśniowych i umieszczano w plastikowych pojemnikach. Próbkę kodowano i podawano ocenie w kolejności losowej. Oceniano: zapach (pożądanłość i natężenie) i smak (intensywność i natężenie) mięsa, soczystość, kruchość w skali 5 punktowej, przy czym 1 pkt. oznaczał ocenę najgorszą, 5 pkt. ocenę najlepszą [6]. Ocenę sensoryczną przeprowadził 5 - osobowy zespół oceniający o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, przeszkolony zgodnie z normą PN-EN ISO 8586-2:1996 [16]. Instrumentalną ocenę barwy i kruchości wykonano analogicznie jak dla surowych mięśni piersiowych.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji ANOVA. Wyznaczono średnie arytmetyczne (\bar{x}) i odchylenia standardowe (SD), istotność różnic między wartościami średnimi analizowanych parametrów w grupach (zależnie od czasu przechowywania) szacowano testem Duncan. Obliczenia wykonano za pomocą programu STATISTICA 12.0 PL.

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Wielkość wycieku rozmrażalniczego jest podstawowym wskaźnikiem jakości mięsa po procesie zamrażania [13], determinowana jest rodzajem surowca mięsnego, metodą zamrażania, warunkami przechowywania zamrażalniczego oraz sposobem rozmrażania [11]. W badaniach własnych wykazano, że wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego zwiększała się wielkość wycieku rozmrażalniczego. Statystycznie istotne (p<0.05) różnice stwierdzono pomiędzy mięśniami przechowywanymi przez 2 tygodnie i 8 tygodni w warunkach zamrażalniczych (rys. 1). Mniejsze wartości tego wskaźnika, ale podobną tendencję wzrostu wielkości wycieku rozmrażalniczego wraz z 8-tygodniowym czasem zamrażalniczego przechowywania wykazał Wei i in. [21]. Yu i in. [22] stwierdzili, że wielkość wycieku termicznego była zróżnicowana w zależności od temperatury rozmrażania. Ilość wycieku rozmrażalniczego wskazuje na rozmiar zmian, jakie zaszły w strukturze surowca oraz związków odpowiedzialnych za wiązanie wody w czasie zamrażania i przechowywania zamrażalniczego.

Kwasowość mięsa jest jedną z najbardziej obiektywnych cech informujących o szybkości glikolizy poubojowej stanowiącej podstawową przyczynę zróżnicowania jakości mięsa. W badaniach własnych (tabela1) wykazano, że wartość pH mięśni piersiowych wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego obniżała się, czego nie potwierdzi-



Rys. 1. Zmiany wycieku rozmrażalniczego w mięśniach piersiowych w czasie przechowywania zamrażalniczego.

Fig. 1. Thawing loss changes in raw breast muscles during frozen storage duration.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

no statystycznie ($p > 0.05$). Uzyskane wyniki badań w tym zakresie są porównywalne z wynikami uzyskanymi przez Chen i in. [7]. Wei i in. [21] wykazali istotny spadek pH w dłużym okresie przechowywania zamrażalniczego. Natomiast Santos Kumar i in. [17] odnotowali wzrost pH mięśni piersiowych kurcząt brojlerów pozyskanych z różnych źródeł. Jak podaje Chwastowska-Siwiecka [8] w właściwych warunkach

Tabela 1. Cechy jakościowe mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego (pkt)

Table 1. Quality values in breast muscles before and after freezing process including the frozen storage duration (pt)

Wyszczególnienie	Schłodzone mięśnie piersiowe n=30	Mrożone mięśnie piersiowe		
		czas przechowywania		
		2 tygodnie n=10	4 tygodnie n=10	8 tygodni n=10
Surowe mięśnie piersiowe				
pH	5,96±0,02	5,95±0,03	5,95±0,02	5,92±0,04
Barwa:				
L* - jasność	54,04 ±3,10	52,96±3,00	53,52 ±3,20	53,82 ±4,12
a* - czerwień	1,99 ^b ±0,34	1,96 ^b ±0,28	2,27±0,42	2,46 ^a ±0,48
b* - żółć	3,98 ^b ±0,96	5,58 ^a ±1,32	6,04 ^a ±1,20	6,67 ^a ±1,18
Siła cięcia [N]	18,01±2,46	16,19 ^b ±1,98	16,10 ^b ±2,50	14,98 ^c ±1,98
Mięśnie piersiowe poddane obróbce termicznej				
Barwa:				
L* - jasność	81,08±2,20	81,25±2,50	82,10±2,05	82,82±1,86
a* - czerwień	1,51±0,41	1,49±0,28	1,52±0,52	1,50±0,42
b* - żółć	8,12 ^b ±1,02	11,91 ^a ±1,12	12,12 ^a ±2,00	12,44 ^a ±1,30
Siła cięcia [N]	20,96±3,80	18,65 ^b ±2,68	18,12 ^b ±2,85	17,10 ^c ±2,90

W tabeli przedstawiono wartości średnie (\bar{x}) odchylenia standardowe (SD)

a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0.05$

Źródło: Badania własne

Source: The own study

przechowywania zamrażalniczego pH mięśni piersiowych kurcząt obniża się w miarę wydłużania się czasu przechowywania zamrażalniczego. Konratowicz i in. [12] twierdzą, że wzrost kwasowości (spadek pH) może być zinterpretowane jako efekt postępującego procesu glikogenolizy i gromadzenia się kwaśnych produktów przemian przebiegających szczególnie intensywnie w procesie rozmrażania. Jednak procesy proteolityczne przy długotrwałym i niewłaściwym rozmrażaniu mięsa prowadzą do wzrostu pH tkanki rozmrażanej [2, 13].

Barwa mięsa jest ważną cechą jakościową, decydującą o świeżości i przydatności produktu do celów kulinarnych. Określana jest przede wszystkim przez ilość i chemiczny status mioglobiny. Niska temperatura jest czynnikiem hamującym utlenianie barwników, ale całkowicie nie zatrzymuje tego procesu [8]. W badaniach własnych (tabela 1) wykazano istotny ($p \leq 0.05$) wpływ czasu przechowywania zamrażalniczego na stopień wysycenia barwy surowych mięśni piersiowych w kierunku czerwieni (a*). Istotnie wyższym stopniem wysycenia barwy czerwonej (a*) charakteryzowały się mięśnie piersiowe przechowywane przez 8 tygodni w porównaniu do mięśni przechowywanych przez 2 tygodnie oraz przed procesem mrożenia. Również zwiększenie udziału barwy czerwonej (a*) w trakcie przechowywania zamrażalniczego mięśni piersiowych kurcząt brojlerów wykazał Wei i in. [21]. Uzyskane w badaniach własnych zmiany wartości parametru czerwieni (a*) mogą wskazywać na nagromadzenie metmioglobiny na powierzchni mięsa podczas przechowywania zamrażalniczego. W badaniach własnych wykazano, że przechowywanie zamrażalnicze wpłynęło istotnie ($p \leq 0.05$) na zwiększenie stopnia wysycenia barwą żółtą (b*) w porównaniu do mięśni piersiowych przed procesem zamrażania zarówno w surowym mięsie, jak o po obróbce termicznej (tabela 1 i tabela 2). Ali i in. [3] oraz Galobart i Moran [10] wykazali wpływ krótkiego czasu przechowywania zamrażalniczego na wzrost parametru barwy żółtej (b*) surowych mięśni piersiowych rozmrażanych w powietrzu, który był niezależny od parametru jasności (L*). W badaniach Galobart i Moran [10] odnotowano również spadek parametru barwy czerwonej (a*), który był skorelowany z parametrem barwy żółtej (b*) w mięśniach piersiowych rozmrażanych i poddanych obróbce termicznej, czego nie potwierdzono w badaniach w własnych (tabela 2). Jak podaje Chwastowska-Siwiecka [8] szybkość i zakres zmian barwy mięsa przechowywanego zamrażalniczo są determinowane przez dostęp tlenu atmosferycznego. Ulegają one nasileniu wraz z wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa. Sprzyja im również silne odwodnienie powierzchniowej warstwy surowca, ułatwiając penetrację cząsteczek tlenu w głąb tkanki [2, 11].

W badaniach własnych wykazano, że wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego istotnie ($p \leq 0.05$) zwiększała się kruchość mięśni piersiowych, mierzona siłą cięcia. Podobną tendencję zmian kruchości stwierdzono zarówno w mięsie surowym, jak i poddanym obróbce termicznej (tabela 1). Zdaniem Farouk i in. [9] przechowywanie zamrażalnicze zwiększa kruchość mięsa szczególnie w przypadku mięsa drobiowego, niepoddanego procesowi dojrzewania. W badaniach własnych wykazano, że lepszą kruchością (niższą siłą cięcia) charakteryzowały się mięśnie piersiowe przechowywane zamrażalniczo w porównaniu z wynikami próbek niemrożonych (tabela 1). Uzyskane wyniki korespondują

z badaniami Śmiecińskiej i in. [20] prowadzonymi na mięśniach piersiowych indyków przed i po procesie zamrażania. Odmianą zależność wykazał Zhang i in [23] uzyskując wyższą siłę cięcia mięśni piersiowych kurcząt brojlerów przechowywanych zamrażalniczo i rozmrażanych w wyższej temperaturze.

Na sensoryczną ocenę jakości mięsa składa się wiele cech subiektywnych, z których najważniejszymi wyróżnikami są kruchość, barwa oraz smakowitość. Cechy sensoryczne mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego przedstawiono w tabeli 2. W badaniach własnych wykazano, że istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą intensywnością zapachu oraz gorszą soczystością charakteryzowały się mięśnie piersiowe po 8 tygodniowym czasie przechowywania zamrażalniczego w porównaniu do mięśni chłodzonych przed procesem zamrażania. Stwierdzono również, że wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego (między 2. a 8. tygodniem) istotnie polepszała się kruchość mięśni piersiowych, co nie miało wpływu na ocenę smakowitości. W badaniach Śmiecińskiej i in. [20] prowadzonych na mięśniach piersiowych indyków oraz Santosh Kumar i in. [17] na mięśniach piersiowych kurcząt brojlerów wraz wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego wykazano pogorszenie smakowitości i soczystości. W mięsie i produktach mięsnych przechowywanych w stanie zamrożonym może wystąpić wiele zmian natury sensorycznej. Procesy te należy tłumaczyć zachodzącymi w trakcie przechowywania przemianami fizycznymi, chemicznymi oraz mikrobiologicznymi i enzymatycznymi [11]. Zakres tych zmian uzależniony jest od czasu i temperatury zamrażania oraz warunków przechowywania [2, 14].

Tabela 2. Cechy sensoryczne mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego (pkt)

Table 2. Sensory values in breast muscles before and after freezing process including the frozen storage duration (pt)

Wyszczególnienie	Schłodzone mięśnie piersiowe n=30	Mrożone mięśnie piersiowe		
		czas przechowywania		
		2 tygodnie n=10	4 tygodnie n=10	8 tygodni n=10
Zapach (intensywność)	4,66 ^a ±0,44	4,46±0,48	4,48±0,39	3,88 ^b ±0,42
Zapach (pożądalność)	4,82±0,50	4,78±0,48	4,66±0,40	4,58±0,42
Smak (natężenie)	4,48±0,47	4,50±0,43	4,37±0,37	4,13±0,50
Smak (pożądalność)	4,67±0,40	4,60±0,42	4,58±0,39	4,42±0,44
Soczystość	4,46 ^a ±0,39	4,11±0,43	3,80±0,37	3,46 ^b ±0,42
Kruchość	3,98 ^a ±0,48	4,14 ^a ±0,40	4,20±0,27	4,64 ^b ±0,36

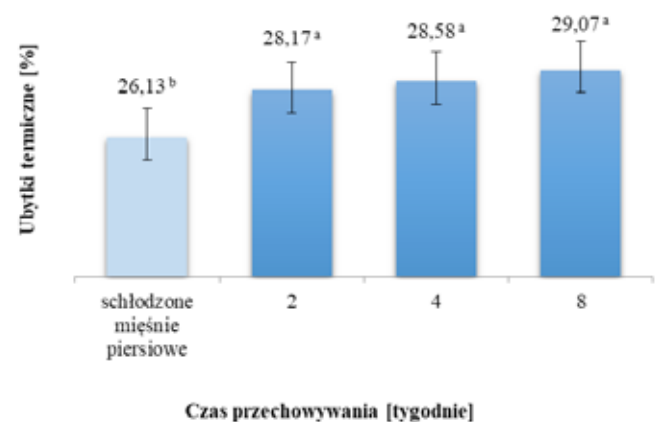
W tabeli przedstawiono wartości średnie (\bar{x}) odchylenia standardowe (SD)

a, b – wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$

Źródło: Badania własne

Source: The own study

W badaniach własnych nie odnotowano istotnego wpływu ($p > 0,05$) czasu przechowywania zamrażalniczego na wielkość ubytków masy po obróbce termicznej (rys. 2). Stwierdzono natomiast statystycznie potwierdzoną ($p \leq 0,05$) istotność pomiędzy mięśniami chłodzonymi przed procesem mrożenia a przechowywanymi w warunkach zamrażalniczych (2., 4. i 8. tygodni). Można sądzić, że wielkość ubytków termicznych zależała od wielkości wycieku rozmrażalniczego. Podobną zależność uzyskał Wei i in. [21], natomiast odmienne wyniki wykazał Chen i in. [7]. W badaniach własnych wielkość ubytków termicznych zwiększała się wraz z czasem zamrażalniczego przechowywania i kształtowała się na poziomie od 28,17% do 29,07%. Uzyskane wyniki badań w tym zakresie są zbliżone z wynikami badań Galobart i Moran [10]. Wielkość ubytków termicznych ma znaczny wpływ na cechy kulinarne i wydajność gotowego produktu [13].



Rys. 2. Ubytki masy mięśni piersiowych przed i po procesie mrożenia z uwzględnieniem czasu przechowywania zamrażalniczego.

Fig. 2. Weight loss in breast muscles before and after freezing process including the frozen storage duration.

Źródło: Badania własne

Source: The own study

PODSUMOWANIE

Analiza instrumentalna i ocena sensoryczna pozwoliła wskazać zmiany jakości cech mięśni piersiowych kurcząt brojlerów przechowywanych zamrażalniczo przez 2., 4. i 8. tygodni.

Wraz z czasem przechowywania zamrażalniczego zwiększała się wielkość wycieku rozmrażalniczego. Różnice wielkości wycieku stwierdzono pomiędzy mięśniami przechowywanymi zamrażalniczo przez 2 tygodnie i 8 tygodni.

Wyższym stopniem wysycenia barwy czerwonej (a*) charakteryzowały się surowe mięśnie piersiowe przechowywane przez 8 tygodni w porównaniu do mięśni przechowywanych przez 2 tygodnie oraz przed procesem mrożenia. Przechowywanie zamrażalnicze wpłynęło również na zwiększenie stopnia wysycenia barwą żółtą (b*) w porównaniu do mięśni piersiowych przez procesem zamrażania zarówno w surowym surowcu, jak o po obróbce termicznej.

W czasie przechowywania zamrażalniczego zwiększała się kruchość mięśni piersiowych, mierzona siłą cięcia.

Podobną tendencję zmian kruchości stwierdzono zarówno w mięsie surowym, jak i poddanym obróbce termicznej.

W ocenie sensorycznej wykazano, że mniejszą intensywnością zapachu oraz gorszą soczystością charakteryzowały się mięśnie piersiowe po 8-tygodniowym czasie przechowywania zamrażalniczego w porównaniu do mięśni chłodzonych przed procesem zamrażania. Stwierdzono również że wraz z wydłużaniem czasu przechowywania zamrażalniczego (między 2. a 8. tygodniem) istotnie polepszała się kruchość mięśni piersiowych.

Reasumując można stwierdzić, że proces zamrażania mięśni piersiowych i jego przechowywanie zamrażalnicze pozwoliły w dużym stopniu zachować cechy jakości mięsa świeżego.

LITERATURA

- [1] **AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR A, M.ORMIAN, Z. SOKOŁOWICZ. 2017.** „The influence of frozen storage duration and freezing methods on the meat quality of broiler chickens”. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna t. 4*: 253-259.
- [2] **AKHTAR S., M.I. KHAN, F. FAIZ. 2013.** „Effect of thawing on frozen meat quality: a comprehensive review”. *Pakistan Journal of Food Science* 23 (4): 198-211.
- [3] **ALI S., W. ZHANG, N. RAJPUT, M. KHAN, C.B. LI, G. ZHOU. 2015.** „Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat”. *Food Chemistry* 18: 808-814.
- [4] **ALIS., N. RAJPUT, C.B. LI, W. ZHANG, G. ZHOU. 2016.** „Effect of freeze-thaw cycles on lipid oxidation myowater in broiler chickens”. *Brazilian Journal of Poultry Science* 1: 35-39.
- [5] **BENLI H. 2016.** „Consumer attitudes toward storing and thawing chicken and effects of the common thawing practices on some quality characteristics of frozen chicken”. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 29 1: 100-108.
- [6] **BARYŁKO-PIKIELNA N., I. MATUSZEWSKA. 2009.** „Sensory food testing”. *Fundamentals - Methods – Applications*. Wydawnictwo Naukowe Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności.
- [7] **CHEN T., Y. ZHU, M. HAN, P. WANG, R. WEI, X. XU, G. ZHOU. 2017.** „Classification of chicken muscle with different freeze-thaw cycles, using impedance and physicochemical properties”. *Journal of Food Engineering* 196: 94-100.
- [8] **CHWASTOWSKA-SIWIECKA I. 2011.** „The influence of the cool storage and thawing technology on the quality of meat”. *Polskie Drobiarstwo* 1: 8-10.
- [9] **FAROUK M.M., K.J. WIELICZKO, I. MERTS. 2003.** „Ultra-fast freezing and low storage temperature as are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef”. *Meat Science* 66: 171-179.
- [10] **GALOBART J., J. MORAN. 2004.** „Freeze-thaw and cooking effects on broiler breast fillets with extreme initial L^* values”. *Poultry Science* 83: 2093-2097.
- [11] **GAMBUTEANU C., D. BORDA, P. ALEXE. 2013.** „The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: review”. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 19 (1): 88-93.
- [12] **KONDRATOWICZ J., T.DASZKIEWICZ, I. CHWASTOWSKA. 2005.** „Podstawowy skład chemiczny i jakość sensoryczna mięsa wieprzowego zamrażanego w różnym czasie po uboju”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 3 (44), supl: 98-107, 98-107.
- [13] **LEYGONIE C., T.J. BRITZ, L.C. HOFFMAN. 2012.** „Impact of freezing and thawing on the quality of meat: review”. *Meat Science* 91: 93-98.
- [14] **OLIVEIRA M.R., G. GUBERT, S.S. ROMAN, A.P. KEMPKA, R.C. PRESTES. 2015.** „Meat quality of chicken breast subjected to different thawing methods”. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17 (2): 165-172.
- [15] **ORKUSZ A. 2015.** „Czynniki kształtujące jakość mięsa drobiu grzebiącego”. *Nauki Inżynierskie i Technologiczne* 1 (16): 47-60.
- [16] **PN-EN ISO 8586-2:1996.** Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Część 2. Eksperti oceny sensorycznej.
- [17] **SANTOSH KUMAR H.T., U.K. PAL, K. SUDHEER, P.K. MANDAL, C.D. DAS. 2014.** „Changes in the quality of dressed chicken obtained from different sources during frozen storage”. *Exploratory. Animal and Medical Research* 4 (1): 95-100.
- [18] **SALEJDA A.M., M. KORZENIWSKA, G. KARASNOWSKA. 2013.** „Zachowania konsumentów na rynku mięsa”. *Nauki Inżynierskie i Technologiczne* 4 (11): 97-110.
- [19] **STAŃKO S., A. MIKUŁA. 2017.** „Tendencje na rynku mięsa drobiowego na świecie i w Polsce w latach 2000-2016”. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego t.17, z. 3*: 268-278.
- [20] **ŚMIECIŃSKA K., N. HNATYK, T. DASZKIEWICZ, D. KUBIAK, P. MATUSEVICIUS. 2015.** „The effect of frozen storage on the quality of vacuum-packaged turkey meat”. *Veterinarija ir Zootechnika* 71 (93): 61-66.
- [21] **WEI R., P. WANG, M. HAN, T. CHEN, X. XINGLIAN, G. ZHOU. 2017.** „Effect of freezing on electrical properties and quality of thawed chicken breast meat”. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 30: 569-575.
- [22] **YU L.H., E.S. LEE, J.Y. JEONG, H.D. PAIK, J.H. CHOI, C.J. KIM. 2005.** „Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles”. *Meat Science* 71: 375-382.
- [23] **ZHANG X., T. GAO, L. SONG, L. ZHANG, Y. JIANG, J. LI, F. GAO, G. ZHOU. 2017.** „Effects of different thawing methods on the quality of chicken breast”. *Journal Food Science Technology* 52: 2097-2105.