

PIOTR DOMARADZKI, PIOTR SKAŁECKI, MARIUSZ FLOREK,
ANNA LITWIŃCZUK

WPLYW PRZECHOWYWANIA ZAMRAŻALNICZEGO NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE MIĘSA WOŁOWEGO PAKOWANEGO PRÓŻNIOWO

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu zamrażalniczego przechowywania (przez 30 dni) na parametry tekstury i właściwości fizykochemiczne pakowanego próżniowo mięsa wołowego. Materiał badawczy stanowiły próby mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (MLL) pobrane z 20 prawych półtuszy buhajków w wieku około 18 miesięcy, rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej. Każdą z prób dzielono na dwie części i pakowano próżniowo w worki polietylenowe. Następnie jedną z nich analizowano po 48 h od uboju, drugą badano natomiast po zamrażalniczym przechowywaniu przez 30 dni w temperaturze $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. W próbach oznaczono pH, przewodność elektryczną właściwą – EC [mS/cm], barwę wg CIE $L^*a^*b^*$, wskaźnik TBARS, wyciek rozmrażalniczy (w mięsie po mrożeniu), wyciek termiczny, parametry tekstury (TPA i siłę cięcia) oraz podstawowy skład chemiczny (w mięsie przed mrożeniem). Stwierdzono, że przechowywanie zamrażalnicze spowodowało istotny wzrost przewodności elektrycznej właściwej, gumistości i twardości oraz istotne obniżenie sprężystości i siły cięcia. Zaobserwowano również istotny wzrost udziału barwy żółtej (b^*). Uzyskane wyniki wykazały jednak, że pomimo wystąpienia zmian, jakość fizykochemiczna mięsa wołowego po zamrażalniczym przechowywaniu przez 30 dni była zadowalająca.

Słowa kluczowe: wołowina, właściwości fizykochemiczne, tekstura, zamrażanie, pakowanie próżniowe

Wprowadzenie

Mięso należy do grupy artykułów żywnościowych o ograniczonej trwałości tzn. jest podatne na naturalne, ciągłe i z reguły nieodwracalne przemiany fizyczne, chemiczne, biochemiczne i mikrobiologiczne. Łatwość psucia się mięsa wynika przede wszystkim z dużej zawartości wody, która wraz z białkami i węglowodanami stanowi doskonałą pożywkę dla mikroorganizmów oraz tłuszczu, który ulega procesom przy-

Mgr inż. P. Domaradzki, dr inż. P. Skalecki, dr hab. inż. M. Florek, prof. dr hab. A. Litwińczuk, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, Wydz. Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

spieszającym psucie (utlenianie, jęłczenie). Ich efektem są progresywne niekorzystne zmiany właściwości sensorycznych, przydatności użytkowej i wartości odżywczej. Charakter tych zmian jakościowych jest uzależniony przede wszystkim od surowca i zastosowanej technologii przetwarzania i utrwalania [13].

Zamrażanie jest powszechnie stosowaną metodą pozwalającą zachować wysoką jakość oraz trwałość łatwo psującego się mięsa [13]. Ponadto zamrażanie wraz z technologią zamrażalniczego przechowywania są niezastąpione przy zagospodarowaniu surowca mięsnego w okresie nadwyżek jego podaży na rynku [11].

Do najważniejszych uwarunkowań, determinujących jakość mrożonego mięsa należą: dobry surowiec, odpowiednie parametry zamrażania (w tym przede wszystkim szybkość zamrażania), przechowywania i rozmrażania. Oznacza to, że jakość mrożonego mięsa zależy zarówno od pierwotnych zmian poprzedzających zamrażanie, jak i zmian wtórnych, występujących na poszczególnych etapach obróbki zamrażalniczej i przechowalniczej [13].

Proces zamrażania i przechowywania zamrażalniczego poza zabezpieczeniem początkowych cech sensorycznych i wartości odżywczych surowca wpływa również na zdolność żelowania białek mięśniowych po obróbce termicznej. Jest to niezwykle istotne przy produkcji wędlin, gdzie białka tkanki mięśniowej powinny odznaczać się maksymalnymi właściwościami żelującymi [6]. Farouk i wsp. [5] stwierdzili, że mięso wołowe przechowywane w stanie zamrażalniczym przez 30 dni odznaczało się wyższą zdolnością żelowania w porównaniu do mięsa świeżego tuż po wystąpieniu stężenia. Związane to było z większą rozpuszczalnością białek mięśniowych w surowcu po mrożeniu. Przechowywanie zamrażalnicze i późniejsze rozmrażanie mięsa wpływa bowiem na wydłużenie czasu aktywności endogennych enzymów proteolitycznych, odpowiedzialnych za degradację białek tkanki mięśniowej i rozluźnienie jej struktury.

Celem pracy była ocena wpływu zamrażalniczego przechowywania (przez 30 dni) na parametry tekstury i właściwości fizykochemiczne mięsa wołowego pakowanego próżniowo.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były próby mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissim lumborum* - MLL) pobrane z 20 prawych półtuszy młodego bydła rzeźnego w wieku około 18 miesięcy, rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej. Zwierzęta pochodziły z gospodarstw indywidualnych woj. lubelskiego, w których stosowano opas w systemie półintensywnym. Podstawową paszą w okresie letnim była zielonka z traw i kiszonka z kukurydzy, natomiast w okresie zimowym kiszonka z kukurydzy. Uzupełnieniem dawki było siano łąkowe oraz śruta zbożowa.

Uboju bydła dokonywano zgodnie z technologią obowiązującą w przemyśle mięsnym i pod nadzorem inspekcji weterynaryjnej. Tusze zwierząt zostały ocenione wg systemu EUROP i zakwalifikowane pod względem uformowania do klas: O (50 % tusz), O⁺ (25 % tusz) oraz R⁻ (25 % tusz), natomiast pod względem odfuszczenia po 25 % tusz do czterech podklas tj. 2, 2⁺, 3⁻ oraz 3.

W trakcie technologicznego rozbioru wychłodzonych (przez 24 h) półtusze pobrano próby mięśnia MLL. Każdą z prób dzielono na dwie części, ważono, a następnie pakowano próżniowo w woreczki polietylenowe i przechowywano w temp. 4 °C. Następnie jedną z nich analizowano po 48 h od uboju, natomiast drugą część zamrożono w powietrzu w warunkach konwekcji swobodnej w zamrażarce (w temp. -20 °C) i przechowywano w tej temperaturze przez 30 dni. Po wyznaczonym terminie przechowywania próby rozmrażano w nienaruszonych woreczkach polietylenowych w temp. 4 °C przez 24 h. Ilość wycieku rozmrażalniczego [%] określano z różnicy masy próby mięsa przed mrożeniem i po rozmrożeniu.

Ocena jakości fizykochemicznej mięsa obejmowała oznaczenie przewodności elektrycznej właściwej – EC [mS/cm] i pH, które mierzono za pomocą aparatu PQM I/Kombi. Barwę mięsa oceniano instrumentalnie za pomocą miernika nasycenia barwy Minolta CR-310. W głowicy pomiarowej wykorzystano iluminację szeroko-kątową (oświetlenie szeroko-obrazowe), geometrię 0° kąta projekcji oraz 50 mm obszar pomiarowy. Miernik kalibrowano przy użyciu białej płytki wzorcowej CR-A44. Wyniki podano jako trójchromatyczne wartości w przestrzeni barw CIE L^{*}a^{*}b^{*} [4].

Wyciek termiczny i pomiary instrumentalne oznaczano przed i po mrożeniu mięsa na próbach o masie 75 ± 1 g. Próby w szczelnie zamkniętych woreczkach foliowych poddawano obróbce cieplnej w łaźni wodnej o temp. 70 °C przez 60 min, następnie studzono pod bieżącą wodą przez 30 min i przechowywano w temp. 4 °C przez 24 h. Procentowy wyciek termiczny obliczano na podstawie różnicy masy próby przed i po obróbce termicznej. Próby te wykorzystywano następnie do oceny tekstury za pomocą wieloczynnościowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline B0.5. Test TPA wykonywano na próbach o wymiarach 20×20×20 mm, poddając je dwukrotnemu ścisnieniu (przy stałej prędkości głowicy 100 mm/min) do 50 % ich pierwotnej wysokości (w odstępnie 3 s pomiędzy pomiarami i prostopadle do kierunku włókien mięśniowych), rejestrując następujące parametry: gumiałość, żujność, twardość i sprężystość. Test TPA wykonywano na trzech różnych próbkach (o temp. 20 ± 2 °C) reprezentujących pojedynczą próbę mięśnia. Do testu określającego maksymalną siłę cięcia (F_{max}. w N) wykorzystano nóż szerometryczny (V-blade) Warnera-Bratzlera. Cięciu (przy prędkości głowicy 100 mm/min) poddawano próbki mięsa w kształcie prostopadłościanu o przekroju 10 mm² (minimum 5 z każdej próby) wycinane równolegle do kierunku włókien mięśniowych. Wyniki pomiarów siły cięcia i testu TPA opracowano z wykorzystaniem programu TestXpert II.

Stabilność oksydacyjną lipidów określano na podstawie wskaźnika TBARS wg metody opisanej przez Witte i wsp. [28], wykorzystując spektrofotometr Varian Cary BIO (dł. fali 530 nm). Wyniki wyrażano w mg aldehydu malonowego (MDA) na 1 kg mięsa.

Wszystkie pomiary i analizy mięsa wykonano po 48 h i po zamrażalniczym przechowywaniu.

W próbach mięśni przed zamrożeniem określano również podstawowy skład chemiczny, tj. zawartość wody metodą suszenia (103 °C) wg PN-ISO 1442:2000 [19], białka ogólnego metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 wg PN-75/A 04018 [18], tłuszczu wolnego metodą Soxhleta przy użyciu aparatu Büchi B-811 wg PN-ISO 1444:2000 [20], zawartość popiołu metodą spalania wg PN-ISO 936:2000 [21].

Analizę statystyczną wykonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, wykorzystując program StatSoft Statistica ver. 6.0. Istotność różnic pomiędzy średnimi w poszczególnych grupach weryfikowano testem Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Skład chemiczny mięsa decyduje zarówno o jego wartości odżywczej, jak i przydatności przetwórczej. Badane mięso zawierało średnio 75,2 % wody, 22,8 % białka, 0,9 % tłuszczu i 0,9 % związków mineralnych w postaci popiołu. Uzyskane wyniki potwierdzają rezultaty wcześniejszych badań innych autorów.

Według Litwińczuka i wsp. [15] średnia zawartość wody w mięśni MLL młodego bydła rzeźnego rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej wynosiła 75,9 %, białka 21,3 %, tłuszczu 1,3 % oraz związków mineralnych w postaci popiołu 1,3 %. Także Florek i wsp. [8] podają udział podstawowych składników chemicznych na podobnym poziomie, zaznaczając jednocześnie, że zmienność składu chemicznego mięsa wołowego zależy od rodzaju mięśnia, płci zwierząt, stopnia umięśnienia i otluszczenia tuszy oraz wieku, rasy czy kategorii bydła. Z kolei Pospiech i wsp. [22] podają, że w przypadku mięśnia najdłuższego grzbietu, jednego z najbardziej bogatych w białko, zawartość tego składnika zawiera się najczęściej w granicach od 19 do 23 %.

Wskaźnik pH jest podstawowym parametrem oceny jakości mięsa, a jego graniczna wartość w przypadku mięsa świeżego wynosi 6,0 [14], natomiast do produkcji wołowiny kulinarnej nadaje się tylko mięso o pH poniżej 5,8 [27]. Pod względem właściwości fizykochemicznych mięsa wołowego (tab. 1) nie stwierdzono istotnego wpływu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania na wartość pH. Świadczy to o dobrej wyjściowej jakości surowca i właściwych warunkach przechowywania zamrażalniczego.

Analizując zmianę przewodności elektrycznej właściwej istotnie ($P \leq 0,01$) wyższą jej wartość stwierdzono w próbach mięsa po mrożeniu (16,13 mS/cm) (tab. 1). Wskazuje to na pewne uszkodzenie komórek mięśniowych w czasie kolejnych etapów związanych z utrwalaniem mięsa w niskich temperaturach tzn. mrożenie, przechowywanie i rozmrażanie. Pliquett i wsp. [17] wykazali związek przewodności elektrycznej właściwej (EC) tkanki mięśniowej z wielkością wycieku naturalnego. Niską wartością EC charakteryzuje się tkanka mięśniowa o nienaruszonych błonach komórkowych. Wraz ze wzrostem zawartości wody wewnątrz mięśnia i przemieszczaniem się płynów w przestrzeniach śród- i międzykomórkowych wartość przewodności elektrycznej wzrasta, co związane jest z osłabieniem błon strukturalnych.

Wielkość wycieku w procesie rozmrażania uważana jest za syntetyczny wskaźnik ogólnej jakości zamrożonego produktu. Wielkość wycieku z tkanki mięśniowej podczas rozmrażania w standardowych warunkach może być jedną z miar stopnia uszkodzenia struktury histologicznej tkanki mięśniowej w procesie zamrażania, a więc może stanowić pośrednią ocenę różnych metod mrożenia [24]. Ponadto wraz z wyciekaniem zamrażalniczym ubywa wielu cennych substancji odżywczych m.in. białek, niebiałkowych związków azotowych, cukrów, a także substancji mineralnych i witamin [12].

Potwierdzeniem naruszenia integralności błon komórkowych oraz osłabienia utrzymywania wody przez miofilamenty w trakcie przechowywania zamrażalniczego surowca jest zarówno istotny wzrost przewodności elektrycznej właściwej w mięsie po mrożeniu, jak również wielkość (4,62 %) wycieku rozmrażalniczego (tab. 1). Uzyskany wynik zbliżony jest do wartości podawanych przez Chwastowską i Kondratowicza [3], którzy, w zależności od sposobu rozmrażania i czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa wieprzowego, stwierdzili ubytki masy w zakresie od 3,74 do 6,98 %. Z kolei Stanisławczyk i Znamiorska [25] oznaczyły od 6,74 do 8,68 % wycieku rozmrażalniczego w mięsie końskim składowanym zamrażalniczo. W badaniach własnych nie stwierdzono istotnego wpływu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania na ilość wycieku termicznego. W przypadku mięsa przed i po mrożeniu wynosił on około 30 %.

Oceniając parametry barwy mięsa przed i po utrwaleniu zamrażalniczym, nie stwierdzono istotnych różnic wartości L^* i a^* . Niemniej jednak w mięsie mrożonym obserwowano zmniejszenie jasności L^* (o 1,2 jedn.) oraz wzrost udziału barwy czerwonej a^* (o 1,85 jedn.). Udział barwy żółtej b^* w mięsie mrożonym był natomiast istotnie ($P \leq 0,05$) większy w porównaniu z mięsem niepoddanym zamrażalniczemu przechowywaniu, (odpowiednio 5,77 i 3,84) (tab. 1). Podobne tendencje zmniejszenia wartości parametru L^* oraz wzrostu wartości parametru b^* między mięsem ocenianym w drugim dniu chłodniczego dojrzewania a mięsem podanym zamrażalniczemu przechowywaniu stwierdzili Litwińczuk i wsp. [16]. Stanisławczyk i Znamiorska [25] również wskazują, że proces składowania zamrażalniczego powoduje pociemnienie barwy mięsa [25].

Tabela 1

Właściwości fizykochemiczne, wodochłonność oraz TBARS mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum*) buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, determinowane zamrażalniczym przechowywaniem.

Effect of freezing storage on physicochemical properties, water-holding capacity, and TBARS of *m. longissimus lumborum* from bullocks of Black-and-White variety, Polish Holstein-Friesian breed.

| Wyszczególnienie Specification | | Mięso przed mrożeniem Meat before freezing | Mięso po mrożeniu Meat after freezing |
|---|-----------|---|--|
| pH | \bar{X} | 5,50 | 5,48 |
| | s | 0,05 | 0,06 |
| EC [mS/cm] Electrical conductivity | \bar{X} | 7,20 ^A | 16,13 ^B |
| | s | 1,82 | 3,11 |
| Wyciek termiczny [%] Cooking loss | \bar{X} | 30,01 | 30,37 |
| | s | 7,65 | 5,87 |
| Wyciek rozmrażniczy [%] Thawing loss | \bar{X} | – | 4,62 |
| | s | | 0,98 |
| Barwa wg CIE Colour according to CIE | | | |
| L* | \bar{X} | 36,64 | 35,44 |
| | s | 0,92 | 2,00 |
| a* | \bar{X} | 23,53 | 25,38 |
| | s | 1,44 | 0,96 |
| b* | \bar{X} | 3,84 ^a | 5,77 ^b |
| | s | 0,84 | 1,11 |
| TBARS [mgMDA/kg] | \bar{X} | 0,346 | 0,355 |
| | s | 0,08 | 0,07 |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: A, B $p \leq 0,01$; a, b $p \leq 0,05$ / Means denoted by different letters in rows differ statistically significantly: A, B $p \leq 0,01$; a, b $p \leq 0,05$

Barwa jest podstawową cechą sensoryczną wołowiny i oceniana jest przez konsumentów przed kruchością i smakowitością, stanowiąc widoczną wskazówkę jakości i świeżości mięsa [1]. Dlatego też w sprzedaży detalicznej barwa jest najważniejszym ocenianym samodzielnie wyróżnikiem związanym z wyglądem i to na jej podstawie nabywca decyduje się na zakup wołowiny [7]. Barwa mięsa jest określana przede wszystkim przez ilość i chemiczny status mioglobiny. Siła i penetracja tlenu w powierzchniowej warstwie mięsa powoduje szybkie utlenianie purpurowo czerwonej mioglobiny do jasnoczerwonej oksymioglobiny i powolną autooksydację do brązowej metmioglobiny [10]. Szybkość i zakres zmian barwy mięsa są determinowane przez dostęp tlenu atmosferycznego. Ulegają one nasileniu wraz z wydłużeniem czasu przechowywania zamrażalniczego mięsa. Sprzyja im również silne odwodnienie po-

wierzchniowej warstwy surowca, ułatwiając penetrację cząsteczek tlenu w głąb tkanki. Częściowa tylko odwracalność negatywnych zmian barwy uzyskiwana po rozmrożeniu surowca sprawia, że są one wysoce niepożądane. Najprostszą metodą zapobiegania jest zabezpieczanie powierzchni mięsa przed wysuszeniem oraz dostępem tlenu atmosferycznego, co można osiągnąć m.in. poprzez zastosowanie odpowiedniej metody przechowywania mięsa [2].

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu przechowywania zamrażalniczego na wartość TBARS. Świadczy to o nieznacznych zmianach związanych z utlenianiem lipidów, dobrych warunkach przechowywania zamrażalniczego oraz ochronnej roli pakowania próżniowego. Do podobnych wniosków doszli wcześniej Viera i wsp. [26], którzy mimo stopniowego zwiększania wartości TBARS podczas zamrażalniczego przechowywania wołowiny nie wykazali istotnych zmian w mięsie mrożonym przez 30 dni. Dopiero w próbach mięsa przechowywanego przez 3 miesiące w stanie zamrożonym, ww. autorzy stwierdzili istotnie wyższą wartość wskaźnika TBARS w odniesieniu do mięsa niemrożonego.

Tekstura jest podstawowym parametrem jakościowym i zarazem stanowi bardzo ważną cechę sensoryczną mięsa czerwonego [7]. Oceniając wyróżniki profilowej analizy tekstury, stwierdzono istotnie ($P \leq 0,01$) wyższą gumiastość i twardość w mięsie po rozmrożeniu (odpowiednio 52,90 N i 164,25 N) w porównaniu z mięsem niemrożonym (odpowiednio 37,32 N i 100,40 N) (tab. 2).

Tabela 2

Parametry tekstury mięśnia najdłuższego grzbietu z odcinka lędźwiowego (*m. longissimus lumborum*) buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, determinowane zamrażalniczym przechowywaniem.

Effect of freezing storage on texture parameters of *musculus longissimus lumborum* from bullocks of Black-and-White variety, Polish Holstein-Friesian breed.

| Wyszczególnienie Specification | | Mięso przed mrożeniem Meat before freezing | Mięso po mrożeniu Meat after freezing |
|--|----------------|---|--|
| Gumiastość [N] Guminess | \bar{X} s | 37,32 ^A 6,21 | 52,90 ^B 0,99 |
| Żujność [N*mm] Chewiness | \bar{X} s | 17,62 1,40 | 17,81 0,09 |
| Twardość [N] Hardness | \bar{X} s | 100,40 ^A 35,56 | 154,25 ^B 15,59 |
| Sprężystość [mm] Springiness | \bar{X} s | 0,48 ^B 0,06 | 0,37 ^A 0,03 |
| Siła cięcia - F max [N] Shear force | \bar{X} s | 85,60 ^B 27,11 | 48,42 ^A 15,35 |

Objaśnienia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as In Tab. 1.

Przechowywanie zamrażalnicze spowodowało natomiast istotne ($P \leq 0,01$) zmniejszenie sprężystości (o 0,11 mm) oraz siły cięcia (blisko 1,5 raza) w porównaniu wynikami prób niemrożonych.

W dostępnej literaturze nie ma zgodności co do wpływu przechowywania zamrażalniczego na teksturę mięsa wołowego. Zdaniem Shanks i wsp. [23] przechowywanie zamrażalnicze zwiększa kruchość mięsa wołowego i jest szczególnie ważne w przypadku mięsa niepoddanego procesowi dojrzewania. Przeciwnie Litwińczuk i wsp. [16] podają, że mięso wołowe przechowywane w stanie zamrożonym przez 60 dni charakteryzowało się najwyższą siłą cięcia ocenianą instrumentalnie, w porównaniu z mięsem analizowanym w różnych dniach chłodniczego dojrzewania. Kołczak i wsp. [9] nie zaobserwowali istotnych zmian parametrów TPA mięsa wołowego po rozmrożeniu. Stwierdzili natomiast zmniejszenie jego kruchości (wzrost siły cięcia) w porównaniu z mięsem przed mrożeniem. Różnice kruchości były szczególnie widoczne w mięsie krów, co mogło być związane, jak zauważają cytowani autorzy, z największym, spośród ocenianych kategorii bydła, wyciekami rozmrażalniczym w mięsie tych zwierząt.

Wnioski

1. Przechowywanie zamrażalnicze mięsa wołowego w warunkach konwencjonalnych w powietrzu spowodowało nieodwracalne zmiany w strukturze tkankowej oraz zmiany właściwości białek mięsa, o czym świadczy istotny wzrost przewodności elektrycznej właściwej i wielkość wycieku rozmrażalniczego.
2. Utrwalenie mięsa poprzez mrożenie spowodowało istotny ($P \leq 0,05$) wzrost udziału barwy żółtej.
3. Stwierdzono istotny ($P \leq 0,01$) wzrost gumiaistości i twardości oraz spadek sprężystości i siły cięcia mięsa wołowego przechowywanego w warunkach zamrażalniczych.
4. Wykazano, że jakość fizykochemiczna mięsa wołowego pakowanego próżniowo i następnie przechowywanego w warunkach zamrażalniczych przez 30 dni była zadowalająca.

Literatura

- [1] Carpenter C.E., Cornforth D.P., Whittier D.: Consumer preferences for beef colour and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Sci.*, 2001, **57**, 359-363.
- [2] Cegiłka A.: Technologiczne aspekty procesu zamrażania i rozmrażania mięsa a jego jakość. *Gosp. Mięs.*, 2009, **7**, 12-18.
- [3] Chwastowska I., Kondratowicz J.: Właściwości technologiczne mięsa wieprzowego w zależności od czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44)**, 11-20.
- [4] CIE, Commission Internationale de l'Eclairage. *Colorimetry (2nd ed.)*, Vienna 1976.

- [5] Farouk M.M., Wieliczko K., Podmore C., Agnew M.P., Frost D.A.: Loss of protein functionality in frozen beef may be caused by interactions involving fat oxidation products and free amino groups. Proc 47th ICoMST, Krakow, Poland 2001, vol. 1, p. 282-283.
- [6] Farouk M.M., Wieliczko K.J.: Optimum time for using chilled beef in gelled products. J. Food Sci., 2003, **68** (1), 164-167.
- [7] Florek M., Litwińczuk A., Skalecki P., Ryszkowska-Siwko M.: Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2007, **3** (57), 281-288.
- [8] Florek M., Litwińczuk Z., Kędzierska-Matyssek M., Grodzicki T., Skalecki P.: Wartość odżywcza mięsa z lędźwiowej części mięśnia najdłuższego i półścięgnistego uda młodego bydła rzeźnego. Med. Wet., 2007, **63** (2), 242-246.
- [9] Kołczak T., Palka K., Łącki J.: Water retention, shear force and texture parameters of cattle psoas and semitendinosus muscles unfrozen and frozen during post-mortem ageing. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2005, **1**, 17-26.
- [10] Kołczak T.: Jakość wołowiny. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **1** (56), 5-22.
- [11] Kondratowicz J.: Wpływ nowoczesnych metod mrożenia na jakość mięsa i tłuszczu wieprzowego po różnym okresie przechowywania w niskich temperaturach. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Zootechnica 1991, **34**, 3-61.
- [12] Kopeć A.: Czy swobodny wyciek rozmrażalniczy może być obiektywnym wskaźnikiem zmian jakości mięsa w czasie przechowywania zamrażalniczego? Gosp. Mięś., 2003, **6**, 18-20.
- [13] Kozłowicz K., Kluza F., Góral D.: Uwarunkowania jakości mięsa zamrażanego i przechowywanego w niskich temperaturach. Chłodnictwo, 2006, **1-2**, 60-64.
- [14] Litwińczuk A., Litwińczuk Z., Barłowska J., Florek M.: Surowce zwierzęce: ocena i wykorzystanie. PWRiL, Warszawa 2004.
- [15] Litwińczuk Z., Florek M., Pietraszek K.: Physico-chemical quality of meat from heifers and young bulls of the Black-and White (BW) variety of Polish Holstein-Friesian breed, and commercial BW crossbreds sired by Limousine and Charolaise bulls. Anim. Sci. Pap. Rep., 2006, **24** (2 suppl.), 179-186.
- [16] Litwińczuk Z., Florek M., Ryszkowska-Siwko M.: Changes in beef meat colour and tenderness after different cold storage and freezing periods. Ann. Anim. Sci., 2005, **2** suppl., 91-94.
- [17] Pliquet F., Pliquet U., Robekamp W.: Beurteilung der reifung des M. long. dorsi und M. semitendinosus durch impulsimpedanzmessungen. Fleischwirtschaft, 1990, **70**, 1468-1470.
- [18] PN-75/A 04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [19] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [20] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- [21] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- [22] Pospiech E., Grześ B., Łyczyński A., Borzuta K., Szalata M., Mikołajczak B., Iwańska E.: Białka mięśniowe, ich przemiany a kruchość mięsa. Mięso i Wędliny, 2003, **1**, 26-33.
- [23] Shanks, B. C., Wulf, D. M., Maddock, R. J.: Technical note: The effect of freezing on Warner-Bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several postmortem ageing periods. J. Anim. Sci., 2002, **80** (8), 2122-2125.
- [24] Sobina I.: Badania zmian jakości mięsa wieprzowego normalnego i wadliwego (PSE i DFD) w procesie autolizy w zależności od temperatury składowania. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Zootechnica, 1998, **1**, 5-98.
- [25] Stanisławczyk R., Znamirska A.: Changes in physico-chemical properties of horsemeat during frozen storage. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 2005, **4** (2), 89-96.

- [26] Vieira C., Diaz M.T., Martínez B., García-Cachán M.D.: Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 398-404.
- [27] Wajda S.: Wartość uzysku elementów detalicznych i kulinarnych w porównaniu z mięsem drobnym tusz jałówek. *Gosp. Mięs.*, 2007, **9**, 8-10.
- [28] Witte V.C., Krause G.F., Bailey M.E.: A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.*, 1970, **35**, 582-585.

EFFECT OF FREEZING STORAGE ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF VACUUM-PACKED BEEF

S u m m a r y

The objective of the study was to assess the impact of freezing storage (for 30 days) on the texture parameters and physicochemical properties of a vacuum-packed beef. The research material consisted of *musculus longissimus lumborum* (MLL) samples taken from 20 right half-carcasses of bullocks aged approximately 18 months, of the Black-and-White variety, the Polish Holstein-Friesian breed. Each sample was divided into two parts and vacuum-packed in polyethylene bags. Next, one part was analyzed 48 hours after slaughter, and the other part was tested after freezing storage for 30 days at -20 °C. In the samples, the following parameters were determined: pH, specific electrical conductivity - EC (mS/cm), colour according to CIE L*a*b*, TBARS index, thawing loss (in meat after freezing), cooking loss, texture parameters (TPA and shear force), and basic chemical composition (in the analyzed meat before freezing.). It was found that the freezing storage caused the electrical conductivity, gumminess and hardness to significantly increase and the springiness and shear force to significantly decrease. Additionally, a significant increase in the per cent content of yellow colour (b*) was observed. The results obtained showed that, despite the occurred changes, the physicochemical quality of beef after the 30 day freezing storage was satisfactory.

Key words: beef, physicochemical properties, texture, freezing, vacuum packaging ☒