

DOROTA KOWALSKA, ANDRZEJ GUGOLEK, PAWEŁ KOBYLARZ

**WPLYW METODY PAKOWANIA I PRZECHOWYWANIA
NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE MIĘSA KRÓLIKÓW
ŻYWIANYCH MIESZANKAMI PASZOWYMI WZBOGACONYMI
OLEJEM RYBNYM I WITAMINĄ E**

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanego dodatku octanu α -tokoferolu w mieszankach paszowych natłuszczonych olejem rybnym (2 %) na skład kwasów tłuszczowych, zawartość witamin A i E, cholesterolu całkowitego i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym w mięśniu najdłuższym grzbietu królików, przechowywanym zamrażalniczo 14 i 90 dni oraz porównanie sensorycznej jakości mięsa króliczego w zależności od metody pakowania i przechowywania. Króliki rasy nowozelandzkiej białej (120 szt.) żywiono *ad libitum* od 35. do 90. dnia życia granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z udziałem: oleju rybnego (2 %) i octanu α -tokoferolu (0, 40 lub 100 mg/kg paszy). Utworzono trzy grupy żywieniowe zwierząt. W wieku 90 dni ubojowi poddano 10 królików z każdej grupy. Wykazano, że zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu była podobna we wszystkich grupach ($19,9 \div 20,4$ %). Nie stwierdzono różnic pod względem zawartości wody, tłuszczu i składników mineralnych w postaci popiołu. Po 14 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa najmniejszą zawartość witaminy E (3,00 $\mu\text{g/g}$) stwierdzono w mięsie królików, które były karmione mieszanką bez jej dodatku. W grupach karmionych mieszanką z dodatkiem witaminy E jej zawartość w mięsie zwiększała się wraz ze wzrostem jej zawartości w paszy (od 4,13 do 5,14 $\mu\text{g/g}$). Zbliżone tendencje utrzymywały się po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa. Wzbogacenie paszy w witaminę E w ilości 100 mg/kg paszy wpłynęło istotnie na zmniejszenie wartości wskaźnika TBARS w mięsie po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania (o 59 %). Świadczyło to o wolniejszym tempie utleniania lipidów mięsa. Po 14 i 90 dniach przechowywania stwierdzono najmniejszą zawartość cholesterolu (odpowiednio: 52,3 i 52,7 mg/100 g) w mięsie królików otrzymujących w paszy 100 mg witaminy E. Wykazano, że ocena poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej mięsa była różna w zależności od sposobu przechowywania mięsa (próżnia – chłodzenie, 14 dni lub zamrażanie w woreczkach strunowych, 14 dni) i ilości witaminy E podawanej w paszy. Wyżej oceniono smak, zapach i soczystość mięsa pakowanego próżniowo.

Dr hab. D. Kowalska prof. IZ, Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice, prof. dr hab. A. Gugolek, Katedra Zwierząt Futerkowych i Lowiectwa, Wydz. Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn, dr wet. P. Kobylarz, Powiatowy Inspektorat Weterynarii w Siedlcach, ul. Kazimierzowska 29, 08-110 Siedlce. Kontakt: dorota.kowalska@izoo.krakow.pl

Słowa kluczowe: mięso królicze, olej rybny, witamina E, przechowywanie chłodnicze i zamrażalnicze, ocena sensoryczna

Wprowadzenie

Mięso królicze jest wartościowym surowcem spożywczym o cechach produktu dietetycznego, nieobciążonego odczynem alergicznym dla konsumenta. Materiał rzeźny w skupie w 80 % pochodzi z produkcji tradycyjnej – przyzagrodowej, wykorzystującej głównie pasze gospodarskie.

Wartość dietetyczną mięsa króliczego można zwiększyć, wzbogacając je w składniki korzystnie oddziałujące na organizm człowieka, takie jak: witaminy, mikroelementy czy długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (LC PUFA), głównie z rodziny *n-3*. Potrzeba wprowadzania tych składników do żywności wynika z częstego ich niedoboru w pokarmie człowieka. Jednym ze sposobów wzbogacania mięsa w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) z rodziny *n-3* jest dodawanie do mieszanek paszowych olejów roślinnych lub oleju rybnego [15, 18]. Ważne jest jednak utrzymanie odpowiedniego wzajemnego stosunku ilościowego pomiędzy poszczególnymi grupami kwasów tłuszczowych. Wykazano bowiem, że nadmierne spożycie kwasów tłuszczowych z rodziny *n-6* nie jest korzystne dla organizmu, szczególnie przy małym spożyciu kwasów z rodziny *n-3* [1]. Modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych w kierunku zwiększenia udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych może jednak niekorzystnie wpłynąć na jakość sensoryczną, stabilność oksydacyjną i przydatność technologiczną mięsa. W wyniku utleniania lipidów mięsa powstaje wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, nieakceptowanego przez konsumentów [21]. Utlenianie lipidów mięsa ma także niekorzystny wpływ na jego barwę, teksturę i wartość odżywczą, gdyż degradacji ulegają NNKT i witaminy. Badania prowadzone w kierunku możliwości przedłużenia trwałości produktów mięsnych wskazują na konieczność zabezpieczenia tłuszczu przed utlenianiem. Do tego celu można wykorzystać przeciwutleniacze syntetyczne lub naturalne, do których należą między innymi α -tokoferole, kwas askorbinowy, karotenoidy, związki fenolowe i niektóre kwasy organiczne [8].

Witamina E (tokoferol) uważana jest za jeden z najlepszych biologicznych przeciwutleniaczy. Funkcję tę spełnia razem z witaminami: A, C i D, bioflawonoidami oraz selenem. Tokoferol niweluje wolne rodniki nadtlenowe, które odpowiadają za uszkodzenie struktur komórkowych i DNA oraz oksydację lipidów [2, 27].

Istotny wpływ na szybkość utleniania lipidów mięsa mają także czynniki zewnętrzne, m.in. światło, tlen i temperatura. Energia promieniowania świetlnego znacznie skraca indukcyjny okres utleniania tłuszczów i jest zaliczana do najsilniejszych aktywatorów powstawania wolnych rodników. Temperatura, podobnie jak energia świetlna, w istotnym stopniu determinuje utlenianie lipidów w wyniku stymulowania

reakcji tworzenia się wolnych rodników. Niskie dodatnie (4 °C) i ujemne (-10 °C) temperatury przechowywania tłuszczu i mięsa umożliwiają wydłużenie okresu indukcyjnego, co nie oznacza jednak, że takie zmiany nie zachodzą [10, 24].

Celem pracy było określenie wpływu 2-procentowego udziału oleju rybnego oraz zróżnicowanego dodatku octanu α -tokoferolu (0, 40, 100 mg/kg) w mieszance paszowej na skład kwasów tłuszczowych, zawartość witamin A i E, cholesterolu całkowitego i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym w zamrożonym mięśniu najdłuższym grzbietu królików, po krótkim i względnie długim okresie zamrażalniczego przechowywania oraz porównanie sensorycznej jakości mięsa w zależności od metody pakowania i przechowywania.

Material i metody badań

Doświadczenie hodowlane przeprowadzono w latach 2011 - 2012 w prywatnej fermie królików na terenie województwa podkarpackiego. Analizy mięsa wykonywano w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego.

Material doświadczalny stanowiły króliki nowozelandzkie białe (NB), jako rasa typowo mięsna, polecana do hodowli fermowej. Badaniami objęto 120 sztuk zwierząt o równym udziale płci (60♂ i 60♀). Króliki utrzymywane były w klatkach piętrowych wykonanych z siatki metalowej, po 4 sztuki jednej płci w każdej, w pomieszczeniu zamkniętym, ogrzewanym. Zwierzęta odsadzone od matek w wieku 35 dni i po identyfikacji płci, zważeniu oraz indywidualnym oznakowaniu (tatuaz z oznaczeniem miesiąca, roku urodzenia, kolejnego numeru i grupy) umieszczano w klatkach dwukondygnacyjnych. Warunki zoohigieniczne i technologiczne były zgodne z ogólnymi założeniami dla tego rodzaju produkcji. Zwierzęta objęte były programem profilaktyki weterynaryjnej przewidzianej dla tej grupy zwierząt.

Od 35. do 90. dnia życia króliki (po 40 sztuk w każdej grupie) żywione były *ad libitum* granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z 2-procentowym udziałem oleju rybnego, wzbogaconymi witaminą E, wprowadzaną w postaci octanu α -tokoferolu według poniższego schematu:

- grupa I – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rybnym (2 %) + 0 mg/kg witaminy E,
- grupa II – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rybnym (2 %) + 40 mg/kg witaminy E,
- grupa III – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rybnym (2 %) + 100 mg/kg witaminy E.

Mieszanka paszowa, którą żywione były króliki zawierała: susz z lucerny (25 %), otręby pszenne (18,6 %), śrutę jęczmienną (22 %), śrutę kukurydzianą (14 %), śrutę sojową poekstrakcyjną (14 %), mieszankę mlekozastępczą (2 %, Pollac), olej rybny

(2 %), fosforan paszowy (1 %), NaCl (0,4 %) oraz dodatek mineralno-witaminowy – premiks dla królików (1 %) wraz z kokcydiostatykiem (robenidyna).

Wykonany na potrzeby doświadczenia dodatek mineralno-witaminowy dla królików zawierał witaminy: A – 1 000 000 j.m./kg, D₃ – 150 000 j.m./kg, K₃ – 52 mg/kg, B₁ – 50 mg/kg, B₂ – 400 mg/kg, B₃ – 2000 mg/kg, B₅ – 786 mg/kg, B₆ – 50 mg/kg, B₁₂ – 1 500 mcg/kg, biotynę – 10 000 mcg/kg, chlorek choliny – 12 500 mg/kg, kwas foliowy – 57 mg/kg, pierwiastki: Fe – 5 000 mg/kg, Mn – 7 500 mg/kg, Cu – 750 mg/kg, Zn – 5000 mg/kg, I – 100 mg/kg, Co – 100 mg/kg, Se – 20 mg/kg, Ca – 33,2 %.

Olej rybny pochodził z firmy Agro-fish Sp. z o.o w Gniewinie i był otrzymywany jako produkt uboczny o zawartości kwasów tłuszczowych: C18:3 *n*-3 – 3,9 %, C20:5 *n*-3 – 8,4 %, C 22:6 *n*-3 – 13,6 %, C22:5 *n*-3 – 0,9 %.

Mieszanki paszowe zbilansowano według procedur doświadczalnych, a zawartość składników pokarmowych obliczano na podstawie „Zaleceń żywieniowych i wartości pokarmowej pasz” [33]. Utrzymano na stałym poziomie ilość białka i włókna, tłuszcz pozostawiono wynikowo. Mieszanki zbilansowano również pod względem poziomu aminokwasów i składników mineralnych według zaleceń podanych przez Lebasa [17] dla tej grupy zwierząt. Zawartość witaminy E w próbkach gotowych pełnoporcjowych mieszanek paszowych wynosiła odpowiednio w grupach: 23,12, 49,14 i 103,62 mg/kg.

Wyniki produkcyjne określano na podstawie: masy ciała każdego królika w wieku 35 i 90 dni, przyrostów masy od 35. do 90. dnia życia oraz zużycia paszy na 1 kg przyrostu masy ciała. Na ich podstawie określano wskaźnik wydajności królików ras mięsnych, który pozwolił na porównanie wyników produkcyjnych w poszczególnych grupach zwierząt [13].

$$WWPK = \frac{P \times PC}{D \times ZP} \times 100$$

gdzie:

WWPK – wskaźnik wydajności produkcyjnej królików ras mięsnych,

P – przeżywalność wyrażona w procentach,

PC – przyrost masy ciała od odsadzenia do końca tuczu – średnia/1 sztukę [kg],

D – okres odchowu [dni],

ZP – zużycie paszy ogółem na 1 królika – średnia od odsadzenia do końca tuczu [kg].

Po zakończeniu odchowu doświadczalnego, z każdej grupy królików wybierano losowo po 10 sztuk. Zwierzęta były głodzone przez 24 h, a następnie poddawane ubojowi. Ubój przeprowadzano zgodnie z obowiązującą metodyką dla królików, w jednakowych dla wszystkich grup warunkach technologicznych.

Po 24-godzinnym wychładzaniu (temp. 4 °C) z tusz króliczych wycinano mięśnie najdłuższe grzbietu (*musculus longissimus dorsi*), które poddawano dalszym badaniom, po uprzednim podzieleniu ich na pięć próbek o tej samej masie.

W pierwszej próbkę oznaczano kwasowość czynną – pH po 45 min od uboju (pH_{45}) i pH po 24-godzinnym wychłodzeniu (pH_{24}) oraz zawartość: wody, białka, tłuszczu i składników mineralnych w postaci popiołu. Drugą próbkę mięśni, po szczelnym ich zapakowaniu w strunowe torebki foliowe z folii HDPE 14/4/32, przeznaczonej do przechowywania żywności, przechowywano zamrażalniczo przez 14 dni, a trzecią – przez 90 dni w temp. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po okresie zamrażalniczego przechowywania w lipidach mięsa oznaczano: skład wyższych kwasów tłuszczowych oraz zawartość witamin A i E, cholesterolu całkowitego i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym TBARS. Czwartą próbkę mięśni przeznaczano do głębokiego mrożenia przez 14 dni. Mięśnie pakowano również do torebek foliowych (identycznych, jak wyżej), a następnie umieszczano w komorze zamrażalniczej typu Mińsk 15M zasilanej agregatem freonowym (temp. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pozostałe mięśnie pakowano próżniowo do opakowań termokurczliwych typu laminat PET PVdC/PPP firmy PABEX o wymiarach $200 \times 130\text{ mm}$ wykonanych z folii poliestrowej i nieorientowanej polipropylenowej o wysokiej barierowości dla gazów (przenikalność $\text{O}_2 = 8,73\text{ cm}^3/\text{m}^2/24\text{ h}/0,1\text{ MPa}$, $\text{CO}_2 = 23,89\text{ cm}^3/\text{m}^2/24\text{ h}/0,1\text{ MPa}$, $\text{H}_2\text{O} = 4,25\text{ g}/\text{m}^2/24\text{ h}$). Pakowanie próżniowe wykonywano w maszynie komorowej stołowej – model PP-5MG (0,15) firmy TEPRO, a następnie umieszczano w komorze chłodniczej typu Mińsk 15M zasilanej agregatem freonowym w środowisku powietrza atmosferycznego. Temperaturę ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) utrzymywano automatycznie za pomocą termostatu przez 14 dni przechowywania. Wilgotność względna powietrza w komorze wynosiła od 40 do 50 %. Po zakończeniu okresu chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania mięso poddawano analizom, przy czym mięso zamrożone rozmrażano przed badaniami w temp. $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ przez 24 h.

Pomiary pH mięsa wykonywano zawsze w środkowej części mięśnia najdłuższego grzbietu (*m. longissimus dorsi*) za pomocą mikroprocesorowego pH-metru CyberScan PH 10 PMMV METER.

Zawartość wody oznaczano zgodnie z PN-ISO 1442:2000 [37], tłuszczu – metodą Soxhleta wg PN-ISO 1444:2000 [38], białka – metodą Kjeldahla wg PN-75/A-04018 [35], natomiast zawartość popiołu całkowitego – wg PN-ISO 936:2000 [36].

Zawartość lipidów oznaczano po ekstrakcji roztworem chloroformu i metanolu zgodnie z metodą Folcha i wsp. [9]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano wg procedury PN-EN ISO 12966-2:2011 [39]. Rozdział i oznaczanie kwasów tłuszczowych prowadzono przy użyciu chromatografu gazowego VARIAN 3400, z wykorzystaniem detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID), stosując kolumnę kapilarną Rtx 2330 o wymiarach $105\text{ m} \times 0,32\text{ mm} \times 0,2\text{ }\mu\text{m}$. Warunki analizy: temperatura kolumny programowania w zakresie $140 - 210\text{ }^{\circ}\text{C}$, temp. dozownika $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, gaz nośny hel (przepływ $3\text{ ml}/\text{min}$), nastrzyk $0,7\text{ ncl}$. Do oznaczenia CLA użyto wzorców kwasów firmy Lardon Fine Chemicals AB, a do pozostałych kwasów – wzorców firmy Sigma-Aldrich.

Stopień oksydacji tłuszczu (TBARS) oznaczano metodą P 025:2001 [41] według Pikula w mg aldehydu malonowego na 1 kg mięsa.

Zawartość witamin A i E oznaczano metodą chromatografii cieczowej przy użyciu aparatu firmy Merck-Hitachi, w kolumnie LiChroCART™ 250-4 Superspher™100 RP-18 (4 mikrony), cholesterolu całkowitego – metodą kolorymetryczną [12].

Próbki do oceny sensorycznej ogrzewano w wodzie zawierającej 0,6 % chlorku sodu (proporcja woda : mięso = 1 : 2) do osiągnięcia w centrum próbki temp. 85 °C. Po obróbce termicznej próbki studzono do temp. 20 ±2 °C, krojono w plastry (ok. 20 g) i umieszczano w plastikowych pudełkach. Próbki kodowano i podawano do oceny w kolejności losowej. Ocenę sensoryczną przeprowadzał zespół składający się z 5 osób o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, przeszkolony zgodnie z normą PN-EN ISO 8586-2:1996 [40]. Oceniano: zapach, soczystość, kruchość, smak mięsa i przeprowadzano ocenę ogólną. Zastosowano 4-punktową skalę ocen, o następujących określeniach brzegowych: 5 – mięso bardzo dobrej jakości, 4 – mięso dobrej jakości, 3 – mięso dostatecznej jakości, 2 punkty – mięso złej jakości.

Badania prowadzono w pomieszczeniu o temp. 20 °C, przy świetle dziennym. Każdy oceniający otrzymywał pomiędzy ocenami kolejnych próbek gorącą herbatę bez cukru w celu neutralizacji smaku.

Wyciek termiczny podczas gotowania określano z równania:

$$\text{Wyciek termiczny [\%]} = \frac{\text{masa próbki przed gotowaniem} - \text{masa próbki po gotowaniu} \times 100}{\text{masa próbki przed gotowaniem}}$$

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w układzie jedno- i dwuczynnikowym, stosując analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi w grupach szacowano wielokrotnym testem rozstępu Duncana na poziomie istotności $p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$. Obliczenia wykonywano za pomocą pakietu statystycznego Statistica 7.1 PL.

Wyniki i dyskusja

Wskaźnik wydajności produkcyjnej królików (WWPK) przedstawiono w tab. 1.

Wartości wskaźnika WWPK były zbliżone we wszystkich badanych grupach i nie stwierdzono pomiędzy nimi różnic statystycznie istotnych ($p \leq 0,05$). Wskazuje to na brak wpływu czynnika żywieniowego na przeżywalność, przyrostyienne i zużycie paszy w poszczególnych grupach zwierząt.

Kwasowość czynna (pH) jako wskaźnik jakości mięsa jest m.in. wyznacznikiem kształtowania się zmian poubojowych. W przypadku mięsa króliczego po 45 min od uboju średnia wartość pH powinna mieścić się w granicach 6,1 ÷ 6,8, a po 24 h 5,4 ÷ 5,8 [15, 16]. Tempo zmniejszania wartości pH zależy od stanu zwierzęcia w chwili uboju – obniża się szybciej, gdy zwierzę było zdrowe, wypoczęte, niezestresowane.

Tabela 1. Wskaźnik wydajności produkcyjnej (WWPK) królików nowozelandzkich białych, żywionych zróżnicowanymi paszami

Table 1. Specific Performance Ratio (SPR) of meat of New Zealand White rabbits fed diversified feeds

Grupa żywieniowa / Diet type-based group	WWPK / WWPK
1	55,1 ± 6,01
2	56,9 ± 5,08
3	56,8 ± 5,55

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 40.

W prowadzonych badaniach wartości pH_{45} i pH_{24} mięsa badanych grup mieściły się w granicach przyjętych dla mięsa normalnego, pozbawionego objawów nienaturalnej konwersji mięśni do mięsa (tab. 2). Podobne wartości pH początkowego mięśni królików rasy NB, mierzonego po 45 min od uboju, wykazali Kowalska i Bielański [14] – 6,57, Kowalska i wsp. [15] – 6,60 oraz Szkucik i Pysz-Lukasik [29] – 6,21. Cavani i wsp. [4] oznaczyli w mięśniach królików $pH_{24} = 5,79$, Kowalska i Bielański [14] – 5,70, a Szkucik i Pysz-Lukasik [29] – 5,71. Zgodnie z obserwacjami Szkucika i Pysz-Lukasik [29], tkanka mięśniowa królików uzyskuje pełne zakwaszenie po 12 h od uboju. Proces ten przebiega znacznie szybciej w mięśniach królików niż bydła czy świń, ale wolniej niż kurcząt brojlerów [22, 25].

Zawartość białka w mięśni najdłuższym grzbiecie była zbliżona we wszystkich grupach i wynosiła $19,88 \div 20,35$ % (tab. 2). Otrzymane wyniki są niższe niż wartości podane przez Szkucika i Libelta [30] – 23,91 %, Szkucika i Pysz-Lukasik [31] – 23,9 %, Kowalską i Bielańskiego [14] – 25,43 %, Cygan-Szczegielniak i wsp. [7] – 23,6 %, czy Pla i wsp. [26] – 22,1 %. Z kolei Xiccato [32], uwzględniając badania różnych autorów, podaje, że poziom białka w mięsie króliczym może kształtować się na poziomie $18,6 \div 21,9$ %. Różnice zawartości białka w mięsie króliczym zależą od rasy, wieku ubijanych zwierząt, składu mieszanki paszowej, części anatomicznej tuszki czy samego przygotowania do uboju.

Jednym z głównych czynników decydujących o sensorycznej jakości mięsa jest tłuszcz śródmięśniowy, który w przypadku królików składa się w 47,3 % z kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), w 35,5 % – z kwasów tłuszczowych jednonienasyconych (MUFA) i w 17,2 % – z kwasów tłuszczowych wielonienasyconych [15]. W badaniach własnych także zawartość tego składnika nie różniła się istotnie ($p \leq 0,05$) pomiędzy grupami objętymi doświadczeniem i wynosiła $1,89 \div 2,04$ %. Uzyskane wyniki wskazują na brak wpływu witaminy E na zawartość białka i tłuszczu w tkankach mięśni króliczych. Mniejszą, niż w niniejszych badaniach, zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśni najdłuższym grzbiecie oznaczyli Pla i wsp. [26] –

1,20 %, Łapa [19] – 1,71 %, Maj i wsp. [20] – 1,60 %, Szkucik i Libelt [30] – 1,12 %, a większą jedynie Kowalska i Bielański [14] – 2,11 %.

W poszczególnych grupach zawartość wody w mięśni najdłuższym grzbiecie nie różniła się istotnie ($p \leq 0,05$) i zawierała się w przedziale $73,40 \div 74,91$ %, korespondując z wynikami podawanymi przez Łapę [19], Szkucika i Libelta [30] oraz Kowalską [13].

Tabela 2. Właściwości fizykochemiczne mięśni (*m. longissimus dorsi*) królików nowozelandzkich białych, żywionych zróżnicowanymi paszami

Table 2. Physicochemical properties of rabbit muscles (*musculus longissimus dorsi*) of New Zealand White rabbits fed diversified feeds

Cecha Parameter	Grupa żywieniowa / Diet type-based group		
	I	II	III
Sucha masa [%] Dry matter [%]	27,1 ± 0,07	27,7 ± 0,19	27,4 ± 0,14
Białko [%] Protein [%]	20,0 ± 0,18	19,9 ± 0,12	20,4 ± 0,20
Woda [%] Water [%]	74,9 ± 2,38	73,4 ± 1,43	73,7 ± 1,46
Tłuszcz [%] Fat [%]	2,04 ± 0,11	1,95 ± 0,12	1,89 ± 0,09
pH ₄₅ pH ₄₅	6,52 ± 0,18	6,59 ± 0,12	6,62 ± 0,16
pH ₂₄ pH ₂₄	5,62 ± 0,12	5,73 ± 0,17	5,69 ± 0,11

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 10.

Po przeprowadzeniu dwuczynnikowej analizy wariancji stwierdzono wpływ dwóch czynników: wielkości dodatku witaminy E i czasu przechowywania mięśni (14 i 90 dni) na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych (tab. 3). Biorąc pod uwagę wpływ wielkości dodatku witaminy E, istotne różnice ($p \leq 0,01$) pomiędzy grupami dotyczyły kwasów: oleinowego (C18:1) oraz ($p \leq 0,05$) linolenowego (C18:3), arachidonowego (C20:4), EPA (C20:5), DHA (C22:6) i stosunku kwasów PUFA *n-6/n-3*. Za korzystne należy uznać istotne ($p \leq 0,05$) zmniejszenie wartości stosunku kwasów PUFA *n-6/n-3* w mięśniach królików otrzymujących w mieszance paszowej 100 mg/kg witaminy E. Czas przechowywania mięśni również modyfikował zawartość niektórych kwasów. Miał istotny ($p \leq 0,01$) wpływ na poziom kwasów: palmitynowego (C16:0),

oleinowego (C18:1), linolowego (C18:2), arachidonowego (C20:4), EPA (C20:5), SFA, UFA/SFA, PUFA, PUFA *n-6*, PUFA/SFA i PUFA *n-6/n-3*. Istotną ($p \leq 0,05$) interakcję – wielkość dodatku witaminy E \times czas przechowywania – stwierdzono w przypadku kwasu stearynowego (C18:0) zaliczanego do tzw. kwasów hipercholesterolemicznych.

Pieszka i wsp. [23] w badaniach dotyczących drobiu wykazali, że nawet przy zawartości witaminy E równej 240 mg/kg paszy, niezależnie od rodzaju użytego tłuszczu w mieszance (smalec – 5 % lub olej słonecznikowy – 5 %), w mięśniach piersiowych kurcząt obserwuje się istotny wzrost zawartości kwasu stearynowego (C18:0). Koreleski i Świątkiewicz [11] stwierdzili, niezależnie od rodzaju przeciwutleniacza użytego do mieszanek, zwiększenie zawartości tego kwasu ($p \leq 0,05$) w mięśniach piersiowych kurcząt przechowywanych w zamrożeniu przez 6 miesięcy.

Zhang i wsp. [34] za optymalny poziom suplementacji pasz octanem α -tokoferolu uznali 80 mg/kg, już bowiem ta ilość istotnie poprawiała kruchość mięsa i znacząco opóźniała utlenianie lipidów mięsa. Selim i wsp. [28] badali straty witamin oraz zmiany profilu wyższych kwasów tłuszczowych przy różnych dodatkach w paszy: witaminy E (0, 40, 80 mg/kg) i C (0, 200, 400 mg/kg) lub zwiększonej ilości obu witamin (40 E i 200 C, 80 E i 400 C), podczas przechowywania mięsa w temp. -20 °C przez 10 lub 20 dni. Stwierdzili oni istotny ($p \leq 0,01$) wpływ witaminy E na zawartość kwasów PUFA, zwłaszcza linolowego i linolenowego, których ilość zarówno po 10, jak i po 20 dniach zamrażalniczego przechowywania wzrosła w stosunku do grupy kontrolnej (bez dodatku witamin). Corino i wsp. [6] wykazali przy zwiększonej suplementacji pasz witaminą E (z 60 do 240 mg/kg) istotny ($p \leq 0,01$) wzrost zawartości kwasu oleinowego i tym samym sumy kwasów jednonienasyconych, natomiast niższy poziom kwasów wielonienasyconych.

Najniższe wartości TBARS po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa stwierdzono w grupie III (0,41), w której zwierzęta otrzymywały 100 mg witaminy E na kg w paszy, najwyższe zaś w grupie I (0,72), w której nie była ona podawana (tab. 4). Pomiędzy grupą III a I różnice były statystycznie istotne ($p \leq 0,01$). Niską wartość wskaźnika TBARS w grupie III, po 90 dniach przechowywania można wiązać z wysokim poziomem witaminy E w mięsie, która jest naturalnym przeciwutleniaczem chroniącym lipidy mięsa przed procesami utleniania. Podobne wyniki uzyskali Kowalska i wsp. [15], badając wpływ 3-procentowego dodatku oleju rybnego i zróżnicowanego poziomu witaminy E na jakość mięsa króliczego. W grupie otrzymującej zwiększony do 60 mg/kg dodatek witaminy E w mieszance paszowej, wskaźnik TBARS zarówno po 14, jak i 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa przyjmował najniższe wartości (odpowiednio: 0,48 i 0,66 mg/kg).

Tabela 3. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w mięśniach (*m. longissimus dorsi*) królików nowozelandzkich białych, żywnionych zróżnicowanymi paszami, determinowana zawartością witaminy E w dawce pokarmowej i czasem zamrażalniczego przechowywania

Table 3. Content of selected fatty acids in muscles (*m. longissimus dorsi*) of New Zealand White rabbits fed diversified feeds depending on content of vitamin E in administered amount of feed and on time period of frozen storage

Czynnik Factor	Dodatek witaminy E (A) / Vitamin E supplement (A) [mg/kg]															
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C20:5	C22:6	SFA	UFA	UFA/ SFA	PUFA	PUFA n-6	PUFA n-3	PUFA/ SFA	PUFA n-6/n-3
0	28,6 ±2,67	6,70 ±0,78	27,4 ^A ±1,06	21,1 ±3,23	5,43 ^a ±0,55	75 ^{ab} ±0,35	0,39 ^a ±0,06	1,80 ^a ±0,24	38,8 ±3,32	61,2 ±3,32	1,59 ±0,20	31,1 ±3,92	22,9 ±3,49	63 ±0,85	0,81 ±0,16	2,99 ^a ±0,15
40	29,8 ±5,66	6,75 ±1,20	25,6 ^{BC} ±0,87	20,7 ±4,69	4,99 ^a ±0,94	2,06 ^a ±0,99	0,45 ^{ab} ±0,22	2,56 ^b ±1,07	40,8 ±6,42	59,1 ±6,42	1,49 ±0,34	31,4 ±7,52	22,8 ±5,51	8,02 ±2,06	0,81 ±0,27	2,89 ^{ab} ±0,30
100	30,7 ±4,90	6,79 ±0,78	25,7 ^C ±1,33	22,7 ±3,35	6,13 ^b ±1,01	1,54 ^b ±0,29	0,52 ^b ±0,05	2,01 ^{ab} ±0,37	41,8 ±6,95	58,2 ±6,95	1,44 ±0,33	33,7 ±4,45	24,3 ±3,59	8,67 ±1,04	0,82 ±0,10	2,79 ^b ±0,21
Czas przechowywania (B) / Storage time (B) [dni / days]																
14	27,3 ^A ±1,62	6,92 ±0,81	25,6 ^A ±1,32	23,9 ^A ±1,78	5,82 ^a ±0,31	2,08 ^A ±0,71	0,52 ^A ±0,06	2,33 ±0,71	37,1 ^A ±1,56	62,9 ±1,56	1,69 ^A ±0,11	34,7 ^A ±2,88	26,0 ^A ±2,28	8,66 ^a ±0,64	0,94 ^A ±0,11	3,01 ^A ±0,13
90	32,1 ^B ±5,25	6,57 ±1,00	26,8 ^B ±1,12	19,0 ^B ±3,75	5,22 ^b ±1,27	1,48 ^B ±0,41	0,39 ^B ±0,17	1,93 ±0,70	43,9 ^B ±6,46	56,1 ±6,46	1,32 ^B ±0,30	29,4 ^B ±5,23	20,6 ^B ±4,02	7,55 ^b ±1,80	0,68 ^B ±0,16	2,78 ^B ±0,27
Istotność efektów głównych i interakcji (P) / Significance of major effects and interactions (P)																
A	0,439	0,969	0,000	0,200	0,004	0,080	0,035	0,021	0,315	0,315	0,305	0,342	0,459	0,138	0,983	0,073
B	0,001	0,230	0,000	0,000	0,028	0,003	0,003	0,080	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,013	0,000	0,001
A×B	0,668	0,041	0,326	0,187	0,067	0,374	0,226	0,508	0,658	0,660	0,773	0,156	0,194	0,102	0,393	0,172

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 10; Wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie na poziomie: A, B, C – p ≤ 0,01; a, b – p ≤ 0,05 / Mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly at: A, B, C – p ≤ 0,01; a, b – p ≤ 0,05.

W grupie I, w porównaniu z II i III, zarówno po 14, jak i po 90 dniach przechowywania mięsa w komorze zamrażalniczej oznaczono mniej witaminy A ($p \leq 0,01$). Miało to związek z niskim poziomem witaminy E, która zapobiega utlenianiu witaminy A.

Ilość witaminy E zgromadzonej w tkankach jest determinowana jej zawartością w paszy. W doświadczeniu, wzrastający dodatek witaminy E do paszy wpływał na zwiększenie jej zawartości w mięsie. Po 14 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa istotne różnice ($p \leq 0,01$) wykazano pomiędzy grupą I a III oraz pomiędzy II a III ($p \leq 0,05$). Po 90 dniach różnice pomiędzy wszystkimi grupami były istotne ($p \leq 0,01$).

Tabela 4. Wskaźnik TBARS w mięsie królików nowozelandzkich białych, żywionych zróżnicowanymi paszami, po 14 i 90 dniach zamrażalniczego przechowywania [mg aldehydu malonowego/kg próbek], zawartość cholesterolu [mg/100g] oraz witamin A [ug/g] i E [ug/g]

Table 4. TBARS indicator in meat of New Zealand White rabbits fed diversified feeds after 14 and 90 days of frozen storage [mg of malonaldehyde/kg of sample], contents of cholesterol [mg/100 g] and vitamins A [$\mu\text{g/g}$] and E [$\mu\text{g/g}$]

Cecha Parameter	Grupa żywieniowa Diet type-based group		
	I	II	III
TBARS _{14dni/days}	0,32 ± 0,04	0,27 ± 0,06	0,27 ± 0,07
TBA-RS _{90dni/days}	0,69 ^A ± 0,34	0,56 ^a ± 0,15	0,41 ^{Bb} ± 0,10
Cholesterol całkowity* Total cholesterol	60,8 ^A ± 0,91	57,4 ^{AB} ± 3,34	53,3 ^B ± 1,63
Cholesterol całkowity** Total cholesterol	61,3 ^A ± 0,85	56,4 ^{AB} ± 3,28	52,7 ^B ± 1,56
Witamina A*/Vitamin A	0,09 ^A ± 0,01	0,16 ^{BC} ± 0,05	0,19 ^C ± 0,01
Witamina A**/Vitamin A	0,09 ^A ± 0,01	0,16 ^{BC} ± 0,05	0,18 ^C ± 0,01
Witamina E*/Vitamin E	3,00 ^A ± 0,33	4,13 ^{B^{Ca}} ± 0,37	5,14 ^{Cb} ± 0,55
Witamina E**/Vitamin E	2,62 ^A ± 0,26	3,85 ^B ± 0,30	5,14 ^C ± 0,52

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 10; Wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie na poziomie: A, B – $p \leq 0,01$; a, b – $p \leq 0,05$ / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly at: A, B – $p \leq 0,01$; a, b – $p \leq 0,05$;

* – zawartość cholesterolu oraz witamin A i E w tkance mięśniowej po 14 dniach zamrażalniczego przechowywania / contents of cholesterol and vitamin A and E in muscle tissue after 14 days of frozen storage

** – zawartość cholesterolu oraz witamin A i E w tkance mięśniowej po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania / content of cholesterol and vitamin A and E in muscle tissue after 90 days of frozen storage.

Najmniejszą zawartość cholesterolu zarówno po 14, jak i 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa (odpowiednio: 53,3 i 52,7 mg/100 g) stwierdzono

w mięsie królików otrzymujących w paszy 2-procentowy dodatek oleju rybnego i 100 mg witaminy E/kg paszy, największą – w grupie otrzymującej olej rybny bez dodatku witaminy E (odpowiednio: 60,8 i 61,3 mg/100 g). Wskazuje to na dodatni wpływ zwiększonego dodatku witaminy E na poziom cholesterolu w mięsie tych zwierząt. Badania nad zawartością cholesterolu całkowitego prowadzone przez Szkucika i Pysz-Lukasik [31], Bielańskiego i wsp. [3] oraz Kowalską [13] wskazują na dość duże różnice pod względem jego zawartości w mięsie króliczym, a jego poziom może być determinowany wieloma czynnikami (m.in. rasą, rodzajem mięśnia czy masą przedubojową zwierząt).

Tabela 5. Wyciek termiczny i wyniki oceny sensorycznej mięsa królików nowozelandzkich białych, żywnionych zróżnicowanymi paszami, determinowane zawartością witaminy E w dawce pokarmowej oraz sposobem pakowania i przechowywania próbek

Table 5. Thermal loss and results of sensory evaluation of meat of New Zealand White rabbits fed diversified feeds depending on vitamin E content and methods of packaging and storing samples

Czynnik Factor	Wyciek termiczny Thermal loss [%]	Zapach Aroma	Smak Flavour	Soczystość Juiciness	Kruchość Tenderness	Wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej Indicator of overall sensory quality
Dodatek witaminy E (A) / Vitamin E supplement (A) [mg/kg]						
0	27,6a ± 2,77	4,10 ^A ± 0,23	4,00 ^A ± 0,53	4,25 ^{Aa} ± 0,28	4,50 ^A ± 0,07	4,21 ^A ± 0,25
40	26,5 ^b ± 2,18	4,45 ^{Ba} ± 0,28	4,45 ^B ± 0,28	4,35 ^b ± 0,16	4,40 ^B ± 0,13	4,41 ^B ± 0,21
100	26,7 ^{ab} ± 2,44	4,55 ^{Bb} ± 0,14	4,58 ^C ± 0,13	4,45 ^{Ba} ± 0,28	4,50 ^A ± 0,06	4,52 ^C ± 0,12
Sposób pakowania i przechowywania: (B) / Packaging and storage method: (B)						
Δ	29,0 ^A ± 0,96	4,20 ^A ± 0,25	4,06 ^A ± 0,44	4,13 ^A ± 0,14	4,43 ^a ± 0,12	4,21 ^A ± 0,19
ΔΔ	24,8 ^B ± 1,42	4,53 ^B ± 0,22	4,62 ^B ± 0,14	4,57 ^B ± 0,13	4,50 ^b ± 0,06	4,55 ^B ± 0,12
Istotność efektów głównych i interakcji (P) / Significance of effects and interaction (P)						
A	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A × B	0,834	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Δ – mrożenie w strunowych torebkach foliowych / freezing in plastic zip lock bags; ΔΔ – pakowanie próżniowe / vacuum packaging; W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; n = 10; Wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie na poziomie: A, B – p ≤ 0,01; a, b – p ≤ 0,05 / mean values in lines and denoted by different letters differ statistically significantly at: A, B – p ≤ 0.01; a, b – p ≤ 0.05.

Po przeprowadzeniu dwuczynnikowej analizy wariancji wykazano wpływ czynników: dodatek witaminy E i sposób pakowania oraz przechowywania mięśni na ocenę jakości sensorycznej mięsa i wyciek termiczny (tab. 5). Zróżnicowany dodatek witaminy E w dawce pokarmowej miał istotny ($p \leq 0,01$) wpływ na zapach, smak, soczystość, kruchość i wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej mięsa oraz ubytek cieplny ($p \leq 0,05$). Natomiast sposób pakowania i przechowywania miał istotny ($p \leq 0,01$) wpływ na wyciek termiczny, zapach, smak, soczystość i wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej oraz na kruchość mięsa ($p \leq 0,05$). Istotne interakcje ($p \leq 0,01$): wielkość dodatku witaminy E \times sposób pakowania i przechowywania) stwierdzono w przypadku zapachu, smaku, kruchości i wskaźnika sensorycznej jakości całkowitej, natomiast na poziomie $p \leq 0,05$ w przypadku soczystości.

Wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że obydwa badane czynniki (wielkość dodatku witaminy E oraz sposób pakowania i przechowywania) miały istotny wpływ na końcową ocenę mięsa króliczego. Najwyżej oceniono próbki mięsa pochodzące z królików NB otrzymujących w mieszance paszowej 100 mg/kg witaminy E, pakowane próżniowo. Wyniki te są potwierdzeniem wielu badań wskazujących, że zmiany oksydacyjne i hydrolityczne lipidów zachodzące podczas przechowywania niewłaściwego dla danego gatunku mięsa oddziałują w niekorzystny sposób na jego cechy smakowo-zapachowe.

Chwastowska-Siwiecka i wsp. [5] stwierdzili, że mięśnie ud króliczych pakowane próżniowo i przechowywane chłodniczo przez 10 dni sensorycznie oceniono wyżej za zapach, soczystość, kruchość i smakowitość w porównaniu z mięsem pakowanym w atmosferze gazów ochronnych oraz z mięsem mrożonym.

Istotnym problemem w przypadku mięsa przechowywanego w warunkach chłodniczych i zamrażalniczych, a następnie poddanego działaniu wysokiej temperatury, są ubytki jego masy spowodowane wyciekami soku (w trakcie przechowywania, jak i obróbki termicznej). Jest to bardzo ważny parametr, ponieważ produkty wytworzone z mięsa wodniste cechują się mniejszą soczystością, niekorzystnymi cechami tekstury oraz gorszą smakowitością. Wraz z wyciekami tracone są również witaminy, wolne aminokwasy oraz niskocząsteczkowe peptydy będące prekursorami smakowitości. W niniejszych badaniach stwierdzono istotnie mniejszy ($p \leq 0,01$) wyciek termiczny mięsa pakowanego próżniowo w porównaniu z mięsem przechowywanym zamrażalniczo. Może to świadczyć o mniejszym naruszeniu integralności błon komórkowych i osłabieniu utrzymywania wody przez miofilamenty w trakcie takiego przechowywania.

Wnioski

1. W mięsie królików nowozelandzkich żywionych zróżnicowanymi paszami nie stwierdzono potwierdzonych różnic pod względem zawartości białka, wody, tłuszczu i składników mineralnych w postaci popiołu.
2. Po 14 dniach przechowywania mięsa króliczego w warunkach zamrażalniczych najmniejszą zawartość witaminy E stwierdzono w mięsie zwierząt nieotrzymujących jej dodatku w paszy, w pozostałych wzrost był zależny od jej dawki w mieszance. Zbliżone tendencje utrzymywały się po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania.
3. Najniższe wartości TBARS po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa króliczego stwierdzono w grupie zwierząt otrzymujących 100 mg/kg witaminy E w paszy, która jako naturalny przeciwutleniacz chroniła lipidy mięsa przed procesami utleniania.
4. Najmniejszą zawartość cholesterolu po 14 i 90 dniach zamrażalniczego przechowywania (odpowiednio: 52,3 i 52,7 mg/100 g) wykazano w mięsie królików otrzymujących w paszy 100 mg witaminy E.
5. Ocena poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej mięsa (zapach, smak, soczystość, kruchość) różniła się w zależności od ilości witaminy E podawanej w paszy oraz sposobu pakowania i przechowywania próbek. Wyżej oceniono mięsa pakowanego próżniowo.

Literatura

- [1] Bartnikowska E.: Fizjologiczne działanie polienowych kwasów tłuszczowych z rodziny *n-3*. *Tłuszcze Jadalne*, 2008, **1-2**, 10-15.
- [2] Bernardini M., Dal Bosco A., Castellini C., Migglano G.: Dietary vitamin E supplementation in rabbit: Antioxidant capacity and meat quality. 6th World Rabbit Congress, July, Toulouse, 1996, pp. 137-140.
- [3] Bielański P., Zajac J., Kowalska D.: Cechy jakościowe mięsa królików różnych ras. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 2000, **8**, 125-129.
- [4] Cavani C., Bianchi M., Lazzaroni C., Luzi F., Minelli G., Petracci M.: Influence of type of rearing, slaughtering age and sex on fattening rabbit: II Meat quality. *Proc. 7th World Rabbit Congress*, Valencia, Spain, 2000, pp. 1-32.
- [5] Chwastowska-Siwiecka I., Baryczka I., Skiepmo N.: Wpływ metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne mięsa króliczego. *Chłodnictwo*, 2012, XLVII, **7-8**, 56-60.
- [6] Corino C., Lo Fiego D.P., Macchioni P., Pastorelli G., Di Giancamillo A., Domeneghini C., Rossi R.: Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, and adipose tissue in rabbits. *Meat Sci.*, 2006, **76 (1)**, 19-28.
- [7] Cygan-Szczegieliński D., Stasiak K., Janicki B.: Wpływ diety na wybrane parametry oceny poubojowej tuszek oraz jakość mięsa królików. *Med. Weter.*, 2010, **66 (12)**, 839-842.

- [8] Dal Bosco A., Castellini C., Bianchi L., Mugani C.: Effect of dietary α -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Sci.*, 2004, **66**, 407-413.
- [9] Folch J., Lees M., Stanley G.H.S.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 1957, 226-497.
- [10] Kanner J.: Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.*, 1994, **36**, 703-725.
- [11] Koreleski J., Świątkiewicz S.: Effect of dietary supplementation of vitamin E, antioxidants and A synthetic carotenoid on changes in chicken breast meat quality during storage. *Ann. Anim. Sci.*, 2008, **8** (2), 167-174.
- [12] Korzeniowski W., Ostoja H., Jarczyk A.: Zawartość cholesterolu w tkance tłuszczowej i mięśniowej świń czystych ras i ich krzyżówek. *Med. Weter.*, 1992, **48**, 464-465.
- [13] Kowalska D.: Określenie wartości pokarmowej makuchu rzepakowego w żywieniu królików różnych ras. *Roczniki Naukowe Zootechniki. Monografie i rozprawy*, 2009, z.41.
- [14] Kowalska D., Bielański P.: Zastosowanie pasz rzepakowych w żywieniu królików i ich wpływ na jakość mięsa. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2011, **7(2)**, 53-63.
- [15] Kowalska D., Bielański P., Chelmińska A.: Rodzaj tłuszczu w paszy dla królików a profil kwasów tłuszczowych i podatność na utlenianie lipidów mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **2 (75)**, 148-159.
- [16] Kowalska D., Gugolek A., Bielański P.: Effect of stress on rabbit meat quality. *Ann. Anim. Sci.*, 2011, **11 (3)**, 465-475.
- [17] Lebas F.: Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. 8th World Rabbit Congress Mexico, 2004, pp. 686-736.
- [18] Lopez-Bote C., Rey A., Sanz M., Gray J., Buckley D.: Dietary vegetable oils and α -tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. *J. Nut.*, 1997, **127**, 1176-1182.
- [19] Łapa P.: Charakterystyka wskaźników jakości mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. Praca magisterska, WHiBZ, UR Kraków 2005.
- [20] Maj D., Łapa P., Bieniek J.: Korelacje fenotypowe między wskaźnikami jakości mięsa królików ras mięsnych. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2008, **4 (2)**, 105-113.
- [21] Mottram D.S.: Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.*, 1998, **62**, 415-424.
- [22] Pelczyńska E., Libelt K.: pH narządów wewnętrznych świń i bydła. *Med. Weter.*, 1989, **45**, 623-625.
- [23] Pieszka M., Barowicz T., Pietras M.: Wpływ źródła tłuszczu i poziomu octanu α - tokoferolu w diecie na skład kwasów tłuszczowych i zawartość witamin E i A w mięśni piersiowym kurcząt. *Roczn. Nauk. Zoot., Supl.*, 2004, **20**, 293-243.
- [24] Pikul J.: Chemiczna ocena jakości lipidów mięsa drobiu. W: Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego. Wydawnictwo AR, Poznań 1993, ss. 104-118.
- [25] Pisarski R.K., Szkucik K., Pijarska I., Malec H.: Cechy rzeźne tuszek, skład chemiczny tkanki mięśniowej i ocena sensoryczna mięsa kurcząt brojlerów żywionych jęczmieniem nagoziarnistym. *Med. Weter.*, 2006, **62**, 74-76.
- [26] Pla M., Pascual M., Arino B.: Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Sci.*, 2004, **2 (12)**, 149-158.
- [27] Sammet K., Duehlmejer R., Sallmann H.P., Canstein C., Mueffling T., Nowak B.: Assessment of the antioxidative potential of dietary supplementation with α -tocopherol in low-nitrite salami-type sausages. *Meat Sci.*, 2006, **72**, 270-279.
- [28] Selim N.A., Abdel-Khalek A.M., Nada S.A., El-Medany Sh. A.: Response of growing rabbits to dietary antioxidant vitamins E and C.2. effects on meat quality. 9th World Rabbit Congress, June 10-13, Verona, 2008, pp. 1437-1442.

- [29] Szkucik K., Pyz-Łukasik R.: pH value of rabbit meat (in Polish). *Annales UMCS*, LXI, 2006, **13**, 115-118.
- [30] Szkucik K., Libelt K.: Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Weter.*, 2006, **62 (2)**, 108-110.
- [31] Szkucik K., Pyz-Łukasik R.: Jakość zdrowotna mięsa królików. *Med. Weter.*, 2009, **65 (10)**, 665-669.
- [32] Xiccato G.: Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 1999, **7 (2)**, 75-86.
- [33] Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. *Zwierzęta futerkowe*. Red. A. Gugolek. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt, Jabłonna, 2011, ss. 1-110.
- [34] Zhang W., Wang X.P., Wang C.Y., Li F.C.: Effects of dietary vitamin E supplementation on meat quality, vitamin E contents and oxidative stability of rabbit meat. *Proc. 10th World Rabbit Congress*, September 3-6, 2012, Sharm El-Sheikh 2012, pp. 871-874.
- [35] PN-75/A-04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [36] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości popiołu całkowitego (metoda odwoławcza).
- [37] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- [38] PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu (metoda odwoławcza).
- [39] PN-EN ISO 12966-2:2011. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 2. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- [40] PN-EN ISO 8586-2:1996. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających. Część 2. Eksperti oceny sensorycznej.
- [41] P 025:2001. Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego. Red. J. Pikul. Wyd. AR, Poznań 1993, ss. 113-118.

**EFFECT OF PACKAGING AND STORAGE METHOD ON PHYSICOCHEMICAL
PROPERTIES OF MEAT OF RABBITS FED FEED MIXTURES ENRICHED WITH FISH OIL
AND VITAMIN E**

S u m m a r y

The objective of the study was to determine the effect of diversified alpha-tocopherol acetate supplement in fish oil-enriched (2 %) feed mixtures on fatty acid composition, content of vitamins A and E, total cholesterol, and thiobarbituric acid reactive substances (TBA-RS) in the rabbit *longissimus dorsi* muscle frozen-stored for 14 days and 90 days as well as to compare the sensory quality of rabbit meat depending on the packaging and storage method. From 35 to 90 days of their age, New Zealand White rabbits (40 animals per group) were fed *ad libitum* complete pelleted feed mixtures that contained 2 % of fish oil and alpha-tocopherol acetate (0.40 or 100 mg/kg). Three groups of fed animals were made. At 90 days of age, 10 rabbits from every group were slaughtered. It was proved that the content of protein in the *longissimus dorsi* muscle was similar in all the groups (19.9 ÷ 20.4 %). There were reported no differences in the contents of water, fat, and mineral components in the form ash. After 14 days of frozen storage of meat, the level of vitamin E (3.00 µg/g) was the lowest in the meat of rabbits fed the unsupplemented feed mixture. In the groups of rabbits fed the feed supplemented with vitamin E, its content in the meat increased with the increasing supplementation of vitamin E in the diet (from 4.13 to 5.14 µg/g). Similar trends remained after 90 days of the frozen storage of meat. Enriching the feed with 100 mg/kg of vitamin E had a significant ($p \leq 0,05$) effect on the decreased value of TBA-RS indicator of meat after 90 days of

frozen storage (by 59 %). This fact was proof of a slower lipid oxidation rate in meat. After 14 and 90 days of storage, the cholesterol value was reported to be the lowest (52.3 and 52.7 mg/100 g, respectively) in the meat of rabbits fed the feed supplemented with 100 mg of vitamin E. It was proved that the individual scores of the meat sensory quality differed depending on the storage method (vacuum packaging - refrigeration for 14 days or freezing in zip lock bags for 14 days) and on the amount of vitamin E administered in the feed. The flavour, aroma, and juiciness of vacuum packed meat were rated with higher scores.

Key words: rabbit meat, fish oil, vitamin E, refrigerated and frozen storage, sensory evaluation ☒