

## Właściwości fizykochemiczne mięsa królików żywionych mieszankami paszowymi natłuszczanymi olejem rzepakowym przy różnym poziomie witaminy E, w zależności od metody ich pakowania i przechowywania

Dorota Kowalska

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,  
Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt,  
ul. Krakowska 1, 32-083 Balice k. Krakowa

Celem podjętych badań było określenie wpływu zróżnicowanego dodatku octanu  $\alpha$ -tokoferolu w mieszankach paszowych natłuszczanych olejem rzepakowym (2%) na skład kwasów tłuszczowych, zawartość witaminy E 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 w każdej grupie ( $n=40$ ) żywiono *ad libitum* (od 35. do 90. dnia) granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z udziałem oleju rzepakowego (2%), wzbogaconymi octanem  $\alpha$ -tokoferolu (0; 40 lub 100 mg/kg paszy). W wieku 90 dni ubojowi poddano 10 królików z każdej grupy. Wykazano, że zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu była na zbliżonym poziomie (19,7-20,4%) w badanych grupach. Nie stwierdzono różnic w zawartości wody, tłuszczu i popiołu. Po 14 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa najmniejszą zawartość witaminy E stwierdzono w mięsie królików, które karmione były 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 3,38 do 5,24  $\mu\text{g/g}$ ). Zbliżone tendencje utrzymywały się po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa. Wzbogacenie paszy w witaminę E w ilości 100 mg/kg paszy wpływało istotnie na zmniejszenie wartości wskaźnika TBA-RS w mięsie po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania. Świadczyło to o wolniejszym tempie utleniania lipidów mięsa. Wykazano, że ocena poszczególnych wyróżników jakości sensorycznej mięsa była różna w zależności od sposobu przechowywania mięsa (próżnia i chłodzenie przez 14 dni lub zamrażanie w woreczkach strunowych przez 14 dni) i ilości witaminy E podawanej w paszy. Korzystniejszą ocenę dotyczącą smaku, zapachu, kruchości i soczystości uzyskało mięso pakowane próżniowo.

**SŁOWA KLUCZOWE:** mięso królicze / olej rzepakowy / witamina E / ocena sensoryczna / metoda przechowywania

Wartość dietetyczną mięsa króliczego można podnieść, 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 ich częstego niedoboru w pokarmie człowieka. Jedną z dróg wzbogacania mięsa w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) z rodziny *n-3* jest dodawanie do mieszanek paszowych olejów roślinnych [10, 13]. Olej rzepakowy jest optymalny pod względem składu kwasów tłuszczowych, a jednocześnie zawiera najmniej niekorzystnych – ze względu na zdrowie człowieka – nasyconych kwasów tłuszczowych, natomiast najwięcej niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) z rodziny *n-3*. Dodatkowo cechuje się optymalnym stosunkiem kwasów *n-6* do *n-3*, tj. 2:1.

Modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych w kierunku zwiększenia udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych może niekorzystnie wpłynąć na jakość sensoryczną, stabilność oksydacyjną i przydatność technologiczną mięsa. W wyniku utleniania lipidów mięsa tworzy się wiele związków, które są odpowiedzialne za powstawanie zjełczałego, niepożądanego zapachu i smaku, nie akceptowanego przez konsumentów [16]. Utlenianie lipidów mięsa ma także niekorzystny wpływ na jego barwę, teksturę i wartość odżywczą, ulegają bowiem zniszczeniu NNKT i witaminy. Badania naukowe prowadzone w kierunku możliwości przedłużenia trwałości produktów mięsnych, wskazują na konieczność zabezpieczenia tłuszczu przed oksydacją. Do tego celu można wykorzystać przeciwutleniacze syntetyczne lub naturalne, do których należą między innymi  $\alpha$ - tokoferole, kwas askorbinowy, karotenoidy, związki fenolowe i niektóre kwasy organiczne [5].

Za jeden z najlepszych biologicznych przeciwutleniaczy uważana jest witamina E (tokoferol), która niweluje wolne rodniki nadtlenowe odpowiadające za uszkodzenie struktur komórkowych i DNA oraz oksydację lipidów [21].

Istotny wpływ na szybkość utleniania lipidów mięsa mają czynniki zewnętrzne, m.in. światło, tlen i temperatura. Energia promieniowania świetlnego wydatnie 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 umożliwiają wydłużenie okresu indukcyjnego, co jednak nie oznacza, że takie zmiany nie zachodzą [7, 18].

Celem podjętych badań było określenie wpływu zróżnicowanego dodatku octanu  $\alpha$ -tokoferolu (w ilości: grupa I – bez dodatku, grupa II – 40 mg/kg, grupa III – 100 mg/kg) do mieszanki paszowej z 2% udziałem oleju rzepakowego na skład kwasów tłuszczowych, zawartość witaminy E i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym w zamrożonym mięśniu najdłuższym grzbietu królików po krótkim, względnie długim okresie przechowywania oraz porównanie sensorycznej jakości mięsa w zależności od metody pakowania i przechowywania.

### **Material i metody**

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

Materiał doświadczalny stanowiło 120 królików nowozelandzkich białych (o równym udziale płci: 60 ♂ i 60 ♀). Króliki po odsadzeniu od matek (35. dzień), zważeniu i indywidualnym oznakowaniu (tatuaż), utrzymywane były w klatkach piętrowych wykonanych z siatki metalowej, po 4 sztuki jednej płci w każdej, w pomieszczeniu zamkniętym, ogrzewanym. Warunki zoohigieniczne i technologiczne były zgodne z ogólnymi założeniami dla tego rodzaju produkcji.

Króliki (po 40 sztuk w każdej grupie) w okresie od 35. do 90. dnia życia żywione były *ad libitum* granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z 2% udziałem oleju rzepakowego, wzbogaconymi witaminą E, wprowadzaną w postaci octanu  $\alpha$ -tokoferolu, według schematu:

- grupa I – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rzepakowym (2%) bez dodatku witaminy E;
- grupa II – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rzepakowym (2%) + 40 mg/kg witaminy E;
- grupa III – mieszanka paszowa natłuszczana olejem rzepakowym (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 Pollac (2%), olej rybny (2%), fosforan paszowy (1%), NaCl (0,4%) oraz dodatek mineralno-witaminowy (1% premiks dla królików) wraz z kokcydiostatykiem (robenidyna). Wykonany na potrzeby doświadczenia dodatek mineralno-witaminowy dla królików zawierał witaminy: A – 1 000 000 j.m./kg, D<sub>3</sub> – 150 000 j.m./kg, K<sub>3</sub> – 52 mg/kg, B<sub>1</sub> – 50 mg/kg, B<sub>2</sub> – 400 mg/kg, B<sub>3</sub> – 2000 mg/kg, B<sub>5</sub> – 786 mg/kg, B<sub>6</sub> – 50 mg/kg, B<sub>12</sub> – 1500 mcg/kg, biotyna – 10 000 mcg/kg, chlorek cholinny – 12 500 mg/kg, kwas foliowy – 57 mg/kg oraz minerały: Fe – 5000 mg/kg, Mn – 7500 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 rzepakowy, pochodzący z Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” S.A. w Kruszwicy, miał gwarantowaną przez producenta zawartość kwasu linolowego C18:2 *n-3* – 27,6% i kwasu linolenowego C18:2 *n-3* – 10,2%.

Mieszanki paszowe zbilansowano według procedur doświadczalnych, a zawartość składników pokarmowych obliczano na podstawie Zaleceń Żywieniowych i Wartości Pokarmowej Pasz [27]. Mieszanki zbilansowano pod względem poziomu aminokwasów i składników mineralnych, według zaleceń podanych przez Lebasa [12] dla tej grupy zwierząt. Zawartość witaminy E w próbkach gotowych pełnoporcjowych mieszanek paszowych wynosiła: dla grupy I – 21,57 mg/kg (naturalna zawartość witaminy E pochodząca ze składników paszowych), dla grupy II – 53,99 mg/kg, dla grupy III – 95,24 mg/kg.

Po zakończeniu odchowu (90. dzień życia zwierząt), z każdej grupy wybierano losowo po 10 królików. Zwierzęta były głodzone przez 24 h, a następnie poddawane ubojowi. Ubój przeprowadzano zgodnie z obowiązującą metodyką, w jednakowych dla wszystkich grup warunkach technologicznych.

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

W pierwszej próbce przeprowadzono analizę jakościową mięsa, która obejmowała następujące grupy cech: pomiar pH po 45 minutach od uboju ( $\text{pH}_{45}$ ), pH po 24-godzinnej wychłodzeniu ( $\text{pH}_{24\text{h}}$ ), podstawowy skład chemiczny (zawartość wody, suchej masy, białka i tłuszczu).

Drugą próbkę mięśni przeznaczono do głębokiego mrożenia przez 14 dni, a trzecią przez 90 dni (temp.  $-20^{\circ}\text{C}$ ), pakując szczelnie w strunowe torebki foliowe z folii HDPE 14/4/32 przeznaczonej do pakowania żywności. Po okresie zamrażalniczego przechowywania w lipidach mięsa oznaczano skład wyższych kwasów tłuszczowych oraz zawartość witaminy E i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym TBA-RS.

Czwartą próbkę mięśni przeznaczano do głębokiego mrożenia przez 14 dni. Mięśnie pakowano do identycznych torebek foliowych, które omówiono wyżej, a następnie umieszczano w komorze zamrażalniczej typu Mińsk 15M, zasilanej agregatem freonowym, w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Pozostałe mięśnie (piąta próbka) pakowano próżniowo do opakowań termokurczliwych typu laminat PETPVdC/ CPP firmy PABEX, o wymiarach 200x130 mm, wykonanych z folii poliestrowej i nieorientowanej polipropylenowej o wysokiej barierowości dla gazów (przenikalność dla  $\text{O}_2 = 8,73 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24\text{h}/0,1 \text{ MPa}$ ,  $\text{CO}_2 = 23,89 \text{ cm}^3/\text{m}^2/24\text{h}/0,1 \text{ MPa}$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 4,25 \text{ g}/\text{m}^2/24\text{h}$ ). Pakowanie próżniowe wykonano w maszynie komorowej stołowej – model PP-5MG (0,15) firmy TEPRO, a następnie próbki umieszczano w komorze chłodniczej typu Mińsk 15M, zasilanej agregatem freonowym, w środowisku powietrza atmosferycznego, w temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$ , utrzymywanej automatycznie za pomocą termostatu, przez okres 14 dni przechowywania. Wilgotność względna powietrza w komorze wynosiła od 40 do 50%.

Po zakończonym okresie chłodniczego i zamrażalniczego przechowywania mięsa poddano je analizie jakościowej. Mięso zamrożone (próbka czwarta) rozmrażano w temperaturze  $+1^{\circ}\text{C}$  przez 24 godziny.

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

Zawartość wody oznaczano według PN-ISO 1442:2000, zawartość suchej masy metodą wagową SOP M.011 (Standard Operation Procedure, M – numer procedury w Centralnym Laboratorium IZ PIB), tłuszcz metodą Soxhleta według PN-ISO 1444:2000, białko metodą Kjeldahla według PN-75/A-04018.

Oznaczenie zawartości lipidów przeprowadzono poddając je ekstrakcji roztworem chloroformu i metanolu, zgodnie z metodą Folcha i wsp. [6]. Estry metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano według procedury PN-EN ISO 12966-2:2011. Rozdział i oznaczanie kwasów tłuszczowych przeprowadzono w chromatografii gazowej VARIAN 3400, z wykorzystaniem detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID), stosując kolumnę kapilarną Rtx 2330 o wymiarach 105m x 0,32 mm x 0,2  $\mu$ . Warunki analizy: temp. kolumny programowania w zakresie  $140-210^{\circ}\text{C}$ , temp. dozownika  $250^{\circ}\text{C}$ , gaz nośny: hel (przepływ 3 ml/min), nastrzyk 0,7 ml. Do oznaczenia CLA użyto wzorców kwasów firmy Lardon Fine Chemicals AB, a pozostałych kwasów – wzorców Sigma-Aldrich.

Stopień oksydacji tłuszczu (TBA-RS) oznaczano metodą P 025:2001, wg Pikula [18], w mg aldehydu malonowego na 1 kg mięsa.

Witaminę E oznaczano metodą chromatografii cieczowej, za pomocą aparatu firmy Merck-Hitachi na kolumnie LiChroCART™ 250-4 Superspher™100 RP-18 (4 mikrony).

Ocenę sensoryczną przeprowadzono poddając próbki ogrzewaniu w wodzie zawierającej chlorek sodu (0,6%, proporcja wody do mięsa = 1:2) do osiągnięcia w centrum próbki temperatury 85°C. Po obróbce termicznej próbki były studzone do temperatury pokojowej, a następnie krojone w plastry (ok. 20 g) i umieszczane w plastikowych pudełkach. Próbki kodowano i podawano do oceny w losowej kolejności. Ocenę sensoryczną przeprowadził zespół składający się z 5 osób o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, przeszkolony zgodnie z normą PN-EN ISO 8586-2:1996. Badano następujące wyróżniki: zapach, soczystość, kruchość, smak mięsa, ocena ogólna. Zastosowano 5-punktową skalę ocen. Badania prowadzono w pomieszczeniu o temperaturze 20°C, przy świetle dziennym. Każdy oceniający otrzymywał pomiędzy ocenami kolejnych próbek gorącą herbatę bez cukru, dla neutralizacji smaku.

Wyciek termiczny podczas gotowania określano według wzoru:

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

Obliczenia statystyczne wykonywano za pomocą pakietu statystycznego Statistica 9.1 PL, wykorzystując jednoczynnikową lub dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją określającą wpływ poziomu witaminy E w dawce pokarmowej oraz czasu przechowywania i sposobu pakowania i przechowywania mięsa. Poziom istotności różnic pomiędzy średnimi w grupach szacowano stosując wielokrotny test rozstępu Duncana. W tabelach podano średnie wartości ( $\bar{x}$ ) dla poszczególnych cech.

## Wyniki i dyskusja

W przeprowadzonych badaniach, wartości pH<sub>45</sub> i pH<sub>24h</sub> mięsa z wszystkich badanych grup mieściły się w granicach przyjętych dla mięsa normalnego, pozbawionego objawów nienaturalnej konwersji mięśni do mięsa (tab. 1). Wartość pH, jako wskaźnika jakości mięsa, jest wyznacznikiem kształtowania się między innymi zmian poubojowych. W przypadku mięsa króliczego po 45 minutach od uboju średnia wartość pH powinna mieścić się w granicach 6,1-6,8, a po 24 godzinach w granicach 5,4-5,8 [14, 15]. Tempo spadku wartości pH zależy od stanu zwierzęcia w chwili uboju – spada szybciej, gdy zwierzę było zdrowe, wypoczęte, niezestresowane.

Podobne wartości pH początkowego, mierzonego po 45 minutach od uboju, dla tej rasy królików odnotowali w prowadzonych badaniach Kowalska i Bielański [9] – 6,57, Kowalska i wsp. [11] – 6,60 oraz Szkucik i Pysz-Lukasik [25] – 6,21.

Cavani i wsp. [1] uzyskali dla mięsa króliczego wartość pH<sub>24h</sub> równą 5,79, Kowalska i Bielański [9] – 5,70, a Szkucik i Pysz-Lukasik [24] – 5,71. Zgodnie z badaniami Szkucika i Pysz-Lukasik [24], tkanka mięśniowa królików uzyskuje pełne zakwaszenie już po 12 godzinach od uboju. Proces ten u królików przebiega znacznie szybciej niż u bydła czy świń, ale wolniej niż u kurcząt brojlerów [17, 19].

Zawartość białka w mięśni najdłuższym grzbiecie była podobna dla wszystkich grup i mieściła się w zakresie od 19,7 do 20,4%. Otrzymane wyniki badań są niższe w porównaniu z podanymi przez innych autorów: Szkucik i Libelt [23] – 23,91%, Szkucik i Pysz-Lukasik [25] – 23,9%, Kowalska i Bielański [9] – 25,43%, Cygan-Szczegielniak i wsp. [4] – 23,6%, czy Pla i wsp. [20] – 22,1%. Z kolei Xiccato [26], opierając się na badaniach różnych autorów, podaje, że poziom białka w mięsie króliczym może kształtować się na poziomie od 18,6 do 21,9%. Różnice w poziomie białka zależne są 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 u królików składa się w 47,3% z kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), 35,5% kwasów tłuszczowych jednonienasyconych (MUFA) i 17,2% kwasów tłuszczowych wielonienasyconych [10]. W prowadzonych badaniach, podobnie jak białko, również ten składnik nie różnił się istotnie pomiędzy objętymi doświadczeniem grupami i mieścił w granicach od 1,90 do 2,11%. Niższą niż w omawianych badaniach zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśni najdłuższym grzbiecie uzyskali Pla i wsp. [20] – 1,20%, Łapa [14] – 1,71%, Maj i wsp. [15] – 1,60%, Szkucik i Libelt [24] – 1,12%, natomiast wyższą jedynie Kowalska i Bielański [9] – 2,11%.

W poszczególnych grupach zawartość wody w mięśni najdłuższym grzbiecie nie różniła się istotnie i mieściła w zakresie od 73,4 do 73,7%, korespondując z wynikami podawanymi przez Łapę [14], Szkucika i Libelta [24] oraz Kowalską [8].

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała wpływ czynników: poziom witaminy E i czasu przechowywania mięśni (14 i 90 dni) na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych (tab. 2). Biorąc pod uwagę poziom witaminy E, istotne różnice pomiędzy grupami na poziomie  $p \leq 0,01$  dotyczyły kwasów: linolowego (C18:2), arachidonowego (C20:4), EPA (C20:5), DHA (C22:6), SFA, UFA, UFA/SFA, PUFA, PUFA  $n-6$ , PUFA  $n-3$ , PUFA  $n-6/n-3$ , a na poziomie  $p \leq 0,05$  kwasów: stearynowego (C18:0) i oleinowego (C18:1). Czas przechowywania mięśni miał istotny ( $p \leq 0,01$ ) wpływ na zawartość kwasów: stearynowego (C18:0), linolowego (C18:2), linolenowego (C18:3), arachidon-

**Tabela 1 – Table 1**

Właściwości fizykochemiczne mięśni (*musculus longissimus dorsi*) królika

Physicochemical properties of rabbit muscles (*musculus longissimus dorsi*)

Cecha Parameter	Grupa – Group		
	I	II	III
Sucha masa (%) Dry matter (%)	27,3	27,3	27,7
Białko (%) Protein (%)	19,8	19,7	20,4
Woda (%) Water (%)	73,5	73,7	73,4
Tłuszcz (%) Fat (%)	2,11	1,96	1,90
pH <sub>4,5</sub>	6,57	6,66	6,62
pH <sub>2,4h</sub>	5,73	5,78	5,71

**Tabela 2 – Table 2**  
 Wpływ poziomu witaminy E w dawce pokarmowej i czasu (14 i 90 dni) przechowywania na zawartość wybranych kwasów tłuszczowych  
 Effect of dietary levels of vitamin E and storage time (14 and 90 days) on the content of some fatty acids

Czynnik Factor	Kwasy tłuszczowe – Fatty acids													
	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C20:5	C22:6	SFA	UFA	UFA/ SFA	PUFA n-6	PUFA n-3	PUFA n-6/n-3	
<b>Poziom witaminy E</b>														
<b>Level of vitamin E</b>														
0 mg/kg	6,31 <sup>a</sup>	27,9 <sup>a</sup>	21,4 <sup>A</sup>	5,05	1,85 <sup>A</sup>	0,08 <sup>A</sup>	0,15 <sup>A</sup>	40,9 <sup>A</sup>	59,1 <sup>A</sup>	1,47 <sup>A</sup>	28,9 <sup>A</sup>	5,28 <sup>A</sup>	4,39 <sup>AB</sup>	
40 mg/kg	6,15 <sup>a</sup>	27,6 <sup>a</sup>	19,5 <sup>B</sup>	5,01	1,08 <sup>B</sup>	0,05 <sup>A</sup>	0,04 <sup>B</sup>	43,9 <sup>B</sup>	56,0 <sup>B</sup>	1,31 <sup>B</sup>	25,9 <sup>B</sup>	5,10 <sup>A</sup>	4,04 <sup>B</sup>	
100 mg/kg	5,66 <sup>b</sup>	23,6 <sup>b</sup>	19,0 <sup>B</sup>	5,15	1,06 <sup>B</sup>	0,15 <sup>B</sup>	0,44 <sup>C</sup>	43,7 <sup>B</sup>	56,3 <sup>B</sup>	1,33 <sup>B</sup>	26,0 <sup>B</sup>	20,1 <sup>B</sup>	3,48 <sup>B</sup>	
<b>Czas przechowywania</b>														
<b>Storage time</b>														
14 dni – 14 days	6,39 <sup>A</sup>	27,6	23,8 <sup>A</sup>	5,84 <sup>A</sup>	1,59 <sup>A</sup>	0,08	0,24 <sup>A</sup>	38,2 <sup>A</sup>	61,8 <sup>A</sup>	1,62 <sup>A</sup>	31,7 <sup>A</sup>	25,5 <sup>A</sup>	4,15 <sup>A</sup>	
90 dni – 90 days	5,69 <sup>B</sup>	25,1	16,2 <sup>B</sup>	4,34 <sup>B</sup>	1,06 <sup>B</sup>	0,10	0,17 <sup>B</sup>	47,5 <sup>B</sup>	52,5 <sup>B</sup>	1,11 <sup>B</sup>	22,3 <sup>B</sup>	17,3 <sup>B</sup>	3,79 <sup>B</sup>	
<b>Interakcja poziom witaminy E i czas przechowywania</b>														
<b>Interaction level of vitamin E and storage time</b>														
	0,07	0,07	0,35	0,25	0,99	0,81	0,24	0,24	0,24	0,53	0,30	0,50	0,08	0,79

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w ramach czynników różnią się statystycznie istotnie: A, B, C przy p≤0,01; a, b przy p≤0,05  
 Values denoted by different letters within factors differ statistically significantly: A, B, C at p≤0,01; a, b at p≤0,05

wego (C20:4), DHA (C22:6), SFA, UFA, UFA/SFA, PUFA, PUFA *n-6*, PUFA *n-3*, PUFA *n-6/n-3*. Nie stwierdzono istotnych interakcji dla badanych cech. Za korzystny z punktu widzenia konsumenta należy uznać istotnie ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszony stosunek kwasów rodzi-  
ny *n-6/n-3* w grupie otrzymującej witaminę E w ilości 100 mg/kg paszy.

Selim i wsp. [22], stosując różne poziomy witaminy E (0, 40, 80 mg/kg) i C (0, 200, 400 mg/kg) lub zwiększone ilości obu witamin (40 mg/kg E i 200 mg/kg C, 80 mg/kg E i 400 mg/kg C) w dawkach pokarmowych dla królików, badali zmiany zachodzące podczas przechowywania mięsa przez 10 lub 20 dni w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ , pod kątem strat witamin oraz zmian profilu wyższych kwasów tłuszczowych. Stwierdzili oni istotny ( $p \leq 0,01$ ) wpływ witaminy E na zawartość w mięsie zamrażalniczo przechowywanym kwasów PUFA, zwłaszcza linolowego i linolenowego, których ilość zarówno po 10, jak i po 20 dniach przechowywania wzrosła w stosunku do grupy kontrolnej (bez dodatku witamin). Corino i wsp. [3] wykazali przy zwiększonej suplementacji pasz witaminą E (240 mg/kg) istotny ( $p \leq 0,01$ ) wzrost kwasu oleinowego i tym samym sumy kwasów jednonienasyconych, natomiast niższy poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w porównaniu do grupy kontrolnej otrzymującej 60 mg witaminy E/kg paszy.

Najniższe wartości wskaźnika TBA-RS po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa stwierdzono w grupie III (0,55), otrzymującej 100 mg/kg witaminy E w paszy, a najwyższe w grupie I (0,72), gdzie witamina E nie była podawana (tab. 3). Różnice stwierdzone pomiędzy grupą I a III okazały się istotne ( $p \leq 0,01$ ). Niską wartość wskaźnika TBA-RS po 90 dniach przechowywania w grupie III można wiązać z wysokim poziomem w mięsie witaminy E, która jest naturalnym przeciwutleniaczem, chroniącym lipidy mięsa przed procesami utleniania.

**Tabela 3 – Table 3**

Wskaźnik TBA-RS (mg aldehydu malonowego/kg próby) w mięsie królików po 14 i 90 dniach przechowywania oraz poziom witaminy E ( $\mu\text{g/g}$ ) wraz z procentem jej strat podczas zamrażalniczego przechowywania TBARS (mg malonaldehyde/kg sample) in rabbit meat after 14 and 90 days of storage and vitamin E level ( $\mu\text{g/g}$ ), and their percentage loss during frozen storage

Cecha Parameter	Grupa – Group		
	I	II	III
TBA-RS 14 dni TBA-RS 14 days	0,30	0,28	0,27
TBA-RS 90 dni TBA-RS 90 days	0,72 <sup>A</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,55 <sup>bb</sup>
Witamina E* Vitamin E*	3,38 <sup>Aa</sup>	3,99 <sup>a</sup>	5,24 <sup>B</sup>
Witamina E** Vitamin E**	2,77 <sup>A</sup>	3,36 <sup>B</sup>	5,23 <sup>C</sup>
% strat witaminy E % vitamin E loss	18,0	15,8	0,2

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

\*Zawartość witaminy E w tkance mięśniowej po 14 dniach przechowywania zamrażalniczego

\*Vitamin E content in muscle tissue after 14 days of frozen storage

\*\*Zawartość witaminy E w tkance mięśniowej po 90 dniach przechowywania zamrażalniczego

\*\*Vitamin E content in muscle tissue after 90 days of frozen storage



**Tabela 4 – Table 4**

Wpływ poziomu witaminy E w dawce pokarmowej oraz sposobu pakowania i przechowywania na ocenę sensoryczną mięsa króliczego  
Effect of dietary levels of vitamin E and the packaging and storage method on the sensory evaluation of rabbit meat

Czynnik Factor	Ocena sensoryczna mięsa króliczego – Sensory evaluation of rabbit meat						Wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej <sup>OS</sup> Overall sensory quality <sup>OS</sup>
	Wyciek termiczny Cooking loss (%)	Zapach <sup>OS</sup> Aroma <sup>OS</sup>	Smak <sup>OS</sup> Flavour <sup>OS</sup>	Soczystość <sup>OS</sup> Juiciness <sup>OS</sup>	Kruchość <sup>OS</sup> Tenderness <sup>OS</sup>	Wskazywanie	
Poziom witaminy E							
Level of vitamin E							
0 mg/kg	27,6 <sup>Aa</sup>	4,62	4,48 <sup>Aa</sup>	4,33 <sup>A</sup>	4,38 <sup>A</sup>	4,46 <sup>A</sup>	
40 mg/kg	26,3 <sup>B</sup>	4,63	4,57 <sup>b</sup>	4,40 <sup>A</sup>	4,54 <sup>B</sup>	4,53 <sup>B</sup>	
100 mg/kg	26,4 <sup>b</sup>	4,56	4,61 <sup>B</sup>	4,51 <sup>B</sup>	4,64 <sup>C</sup>	4,58 <sup>C</sup>	
Sposób pakowania i przechowywania:							
Packaging and storage method							
Δ	29,1 <sup>A</sup>	4,52 <sup>A</sup>	4,45 <sup>A</sup>	4,22 <sup>A</sup>	4,47 <sup>A</sup>	4,41 <sup>A</sup>	
ΔΔ	24,5 <sup>B</sup>	4,69 <sup>B</sup>	4,66 <sup>B</sup>	4,61 <sup>B</sup>	4,60 <sup>B</sup>	4,64 <sup>B</sup>	
Istotność interakcji poziom witaminy E x sposób pakowania i przechowywania							
Significance of interaction vitamin E level x packaging and storage method	0,87	0,73	0,02	0,47	0,75	0,57	

Δ – mrożenie w strunowych torebkach foliowych, ΔΔ – pakowanie próżniowe

Δ – freezing in plastic zip lock bags, ΔΔ – vacuum packaging

OS – skala punktacji oceny sensorycznej mięsa: 2 punkty – mięso złej jakości, 3 – mięso dostatecznej jakości, 4 – mięso dobrej jakości, 5 – mięso bardzo dobrej jakości

OS – sensory scores of meat: 2 points – poor quality, 3 – adequate quality, 4 – good quality, 5 – very good quality

Wartości średnie oznaczone różnymi literami w ramach czynników różnią się statystycznie istotnie: A, B, C przy p≤0,01; a, b przy p≤0,05

Values denoted by different letters differ within factors statistically significantly A, B, C at p≤0.01; a, b at p≤0.05

W doświadczeniu, wzrastający dodatek witaminy E do paszy zwiększał jej zawartość w mięsie. Po 14 dniach przechowywania pomiędzy grupą I a III wykazano istotne różnice w zawartości witaminy E na poziomie prawdopodobieństwa  $p \leq 0,01$ , a pomiędzy I a II na poziomie  $p \leq 0,05$ . Po 90 dniach różnice pomiędzy wszystkimi grupami były wysoko istotne.

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała wpływ czynników: poziom witaminy E i sposób pakowania i przechowywania mięśni na wyciek termiczny i ocenę jakości sensorycznej mięsa (tab. 4). Zróżnicowany poziom witaminy E w dawce pokarmowej miał istotny wpływ ( $p \leq 0,01$ ) na wyciek termiczny pomiędzy grupą I i II, smak pomiędzy grupą I a III, soczystość pomiędzy grupą I i II a III, natomiast kruchość i wskaźnik sensorycznej jakości całkowitej pomiędzy grupą I a II i III. Istotność na poziomie  $p \leq 0,05$  stwierdzono dla wycieku termicznego pomiędzy grupą I a III i smaku pomiędzy grupą I a II. Sposób pakowania i przechowywania miał istotny wpływ, na poziomie prawdopodobieństwa  $p \leq 0,01$ , na wszystkie badane cechy. Istotne interakcje (poziom witaminy E x sposób pakowania i przechowywania) na poziomie prawdopodobieństwa  $p \leq 0,05$  stwierdzono w przypadku smaku.

Zhang i wsp. [28] za optymalny poziom suplementacji pasz octanem  $\alpha$ - tokoferolu uznali 80 mg/kg, już bowiem ta ilość istotnie poprawiała kruchość mięsa i znacząco opóźniała utlenianie lipidów mięsa. Chwastowska-Siwiecka i wsp. [2] stwierdzili, że mięśnie pakowane próżniowo i przechowywane chłodniczo przez 10 dni uzyskały wyższe noty punktowe wyróżników jakości sensorycznej w porównaniu z mięsem pakowanym w atmosferze gazów ochronnych oraz 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). W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono istotnie mniejszy ( $p \leq 0,01$ ) wyciek termiczny z mięsa pakowanego próżniowo w porównaniu z mięsem przechowywanym zamrażalniczo. Chwastowska-Siwiecka i wsp. [2], porównując wyciek termiczny z mięsa króliczego pakowanego próżniowo lub w atmosferze gazów ochronnych wykazali, że w przypadku pakowania próżniowego jest on mniejszy, bez względu na czas przechowywania chłodniczego (odpowiednio 23,9% i 27,1%).

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu była podobna we wszystkich grupach; nie stwierdzono różnic w zawartości wody i tłuszczu;
- po 14 dniach przechowywania mięsa w warunkach zamrażalniczych najniższy poziom witaminy E wykazano w mięsie zwierząt nie otrzymujących jej dodatku, w pozostałych wzrost był zależny od jej dawki w mieszance; zbliżone tendencje utrzymywały się po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania;
- w przypadku wprowadzenia do mieszanki paszowej 2% oleju rzepakowego i 100 mg witaminy E stwierdzono po 90 dniach zamrażalniczego przechowywania mięsa wysoko istotny spadek wartości TBA-RS, co świadczy o wolniejszym tempie utleniania się lipidów mięsa;
- ocena jakości sensorycznej mięsa różniła się w niektórych cechach, w zależności od ilości witaminy E podawanej w paszy oraz sposobu pakowania i przechowywania; korzystniejszą ocenę uzyskano dla mięsa pakowanego próżniowo.

## PIŚMIENNICTWO

1. CAVANI C., BIANCHI M., LAZZARONI C., LUZI F., MINELLI G., PETRACCI M., 2000 – Influence of type of rearing, slaughtering age and sex on fattening rabbit. II Meat quality. Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Valencia, Spain, 1-32.
2. CHWASTOWSKA-SIWIECKA I., BARYCZKA I., SKIEPKO N., 2012 – Wpływ metody pakowania i czasu chłodniczego przechowywania na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne mięsa króliczego. *Chłodnictwo* XLVII, 7-8, 56-60.
3. CORINO C., LO FIEGO D.P., MACCHIONI P., PASTORELLI G., DI GIANCAMILLO A., DOMENEGHINI C., ROSSI R., 2006 – Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, and adipose tissue in rabbits. *Meat Science* 76 (1), 19-28.
4. CYGAN-SZCZEGIELNIAK D., STASIAK K., JANICKI B., 2010 – Wpływ diety na wybrane parametry oceny poubojowej tuszek oraz jakość mięsa królików. *Medycyna Weterynaryjna* 66 (12), 839-842.
5. DAL BOSCO A., CASTELLINI C., BIANCHI L., MUGANI C., 2004 – Effect of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Science* 66, 407-413.
6. FOLCH J., LEES M., STANLEY G.H.S., 1957 – A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497.
7. KANNER J., 1994 – Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science* 36, 703-725.
8. KOWALSKA D., 2009 – Określenie wartości pokarmowej makuchu rzepakowego w żywieniu królików różnych ras. *Roczniki Naukowe Zootechniki, Monografie i Rozprawy*, z. 41, ISBN 978-83-7607-098-8.
9. KOWALSKA D., BIELAŃSKI P., 2011 – Zastosowanie pasz rzepakowych w żywieniu królików i ich wpływ na jakość mięsa. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 7 (2), 53-63.
10. KOWALSKA D., BIELAŃSKI P., CHEŁMIŃSKA A., 2011 – Rodzaj tłuszczu w paszy dla królików a profil kwasów tłuszczowych i podatność na utlenianie lipidów mięsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2 (75), 148-159.
11. KOWALSKA D., GUGOLEK A., BIELAŃSKI P., 2011 – Effect of stress on rabbit meat quality. *Annals of Animal Science* 11 (3), 465-475.
12. LEBAS F., 2004 – Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Mexico, 686-736.
13. LOPEZ-BOTE C., REY A., SANZ M., GRAY J., BUCKLEY D., 1997 – Dietary vegetable oils and  $\alpha$ -tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. *Journal of Nutrition* 127, 1176-1182.
14. ŁAPA P., 2005 – Charakterystyka wskaźników jakości mięsa królików rasy nowozelandzkiej białej i kalifornijskiej oraz ich mieszańców. Praca magisterska, WHiBZ UR Kraków.
15. MAJ D., ŁAPA P., BIENIEK J., 2008 – Korelacje fenotypowe między wskaźnikami jakości mięsa królików ras mięsnych. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego* 4 (2), 105-113.
16. MOTTRAM D.S., 1998 – Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry* 62, 415-424.
17. PEŁCZYŃSKA E., LIBELT K., 1989 – pH narządów wewnętrznych świń i bydła. *Medycyna Weterynaryjna* 45, 623-625.

18. PIKUL J., 1993 – Chemiczna ocena jakości lipidów mięsa drobiu. W: Ocena technologiczna surowców i produktów przemysłu drobiarskiego. Wydawnictwo AR Poznań, 104-118.
19. PISARSKI R.K., SZKUCIK K., PIJARSKA I., MALEC H., 2006 – Cechy rzeźne tuszek, skład chemiczny tkanki mięśniowej i ocena sensoryczna mięsa kurcząt brojlerów żywionych jęczmieniem nagoziarnistym. *Medycyna Weterynaryjna* 62, 74-76.
20. PLA M., PASCUAL M., ARINO B., 2004 – Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the nirs methodology. *World Rabbit Science* 2 (12), 149-158.
21. SAMMET K., DUEHLMJEJER R., SALLMANN H.P., CANSTEIN C., MUEFFLING T., NOWAK B., 2006 – Assessment of the antioxidative potential of dietary supplementation with  $\alpha$ -tocopherol in low-nitrite salami-type sausages. *Meat Science* 72, 270-279.
22. SELIM N.A., ABDEL-KHALEK A.M., NADA S.A., EL-MEDANY S.H.A., 2008 – Response of growing rabbits to dietary antioxidant vitamins E and C. 2. Effects on meat quality. 9<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Verona, Italia, 1437-1442.
23. SZKUCIK K., LIBELT K., 2006 – Wartość odżywcza mięsa królików. *Medycyna Weterynaryjna* 62 (2), 108-110.
24. SZKUCIK K., PYZ-ŁUKASIK R., 2006 – pH value of rabbit meat (in Polish). *Annales UMCS, LXI*, 13, 115-118.
25. SZKUCIK K., PYZ-ŁUKASIK R., 2009 – Jakość zdrowotna mięsa królików. *Medycyna Weterynaryjna* 65 (10), 665-669.
26. XICCATO G., 1999 – Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 7 (2), 75-86.
27. Zalecenia Żywieniowe i Wartość Pokarmowa Pasz. Zwierzęta futerkowe. 2011 – Praca zbiorowa pod redakcją A. Gugołka. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna, 1-110.
28. ZHANG W., WANG X.P., WANG C.Y., LI F.C., 2012 – Effects of dietary vitamin E supplementation on meat quality, vitamin E contents and oxidative stability of rabbit meat. Proceedings 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, 871-874.

Dorota Kowalska

### Physicochemical properties of meat from rabbits fed rapeseed-oil-enriched diets with different vitamin E levels depending on the packaging and storage method

#### Summary

The objective of the study was to determine the effect of rapeseed oil (2%) and different levels of an alpha-tocopherol acetate supplement on fatty acid composition and content of vitamin E and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the *longissimus dorsi* muscle of rabbits, frozen and stored for a short or long period (14 or 90 days), and to compare the sensory quality of the rabbit meat depending on the packaging and storage method. From 35 to 90 days of age, New Zealand White rabbits (40 animals per group) were fed *ad libitum* complete pelleted diets containing 2% rapeseed oil and 0, 40 or 100 mg/kg alpha-tocopherol acetate as a natural antioxidant. At 90 days, 10 rabbits from each group were slaughtered. The results of the analyses showed that protein content in the *longissimus*

*dorsi* muscle was consistent across groups (19.7-20.4%). No statistically significant differences in water, fat or ash content were observed. After 14 days of frozen storage of the meat, vitamin E levels were lowest in the groups receiving no supplement and increased proportionally to the dietary content of vitamin E in the other groups (3.38-5.24 µg/g). Similar trends persisted after 90 days of frozen storage. Analysis of the effect of PUFA percentage in the rabbit meat on the susceptibility of meat lipids to oxidation revealed a highly significant decrease in TBARS after 90 days of frozen storage in the case of 2% rapeseed oil and 100 mg vitamin E supplement. This is indicative of a slower lipid oxidation rate in the meat. Meat sensory quality scores were found to differ for some traits depending on the storage method (vacuum packing/refrigeration for 14 days or freezing in zip-lock bags for 14 days) and the dietary vitamin E supplement. Vacuum-packed meat had better scores for flavour, aroma, tenderness and juiciness.

**KEY WORDS:** rabbit meat / rapeseed oil / vitamin E / sensory evaluation / storage method