

DOROTA KOWALSKA, PAWEŁ BIELAŃSKI, AGNIESZKA CHEŁMIŃSKA

WPLYW DODATKU DO PASZY OLEJU LNIANEGO I RYBNEGO NA PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH I UTLENIE TŁUSZCZU ŚRÓDMIĘŚNIOWEGO KRÓLIKÓW

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu 3 % dodatku oleju lnianego i rybnego oraz przeciwutleniacza na profil kwasów tłuszczowych, zawartość cholesterolu i witaminy E w lipidach mięsa króliczego.

Badania przeprowadzono na potomstwie pochodzącym od 50 samic królików rasy nowozelandzkiej białej. Króliki grupy kontrolnej (I) żywiono pełnodawkową mieszanką standardową. Zwierzętom z grup II i III do receptury mieszanki wprowadzono 3 % dodatek oleju lnianego, przy czym w grupie III zwiększono o 100 % udział witaminy E jako naturalnego antyoksydanta w paszy. Zwierzętom z grupy IV i V wprowadzono do receptury 3 % dodatek oleju rybnego, zwiększając w grupie V udział witaminy E. W próbkach mięsa króliczego pobranych z mięśni tylnych nóg oznaczono: profil kwasów tłuszczowych, zawartość cholesterolu całkowitego i witaminy E oraz aldehyd malonowy (TBARS).

Wprowadzenie 3 % dodatku oleju lnianego i rybnego spowodowało wzrost zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych $n-3$. Stwierdzono wysoko istotną różnicę zawartości tych kwasów pomiędzy grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi, jak również korzystne, pod względem żywieniowym, zmniejszenie dysproporcji kwasów $n-6/n-3$ PUFA. W badaniach stwierdzono istotny wpływ dodatku oleju lnianego i rybnego na zawartość cholesterolu całkowitego w mięsie króliczym. W badanych mięśniach króliczych, w grupach doświadczalnych stwierdzono wysoko istotny wzrost zawartości witaminy E oraz zmniejszenie zawartości aldehydu malonowego (TBARS), co świadczy o wolniejszym tempie utleniania lipidów mięsa.

Słowa kluczowe: królik, pasza, olej lniany, olej rybny, kwasy tłuszczowe, cholesterol, witamina E

Wprowadzenie

Współczesne badania wskazują na istnienie ścisłej współzależności między składnikami odżywczymi zawartymi w spożywanych produktach a zdrowiem człowieka. Dlatego w ciągu ostatnich lat znacznie wzrosło zainteresowanie konsumentów spo-

życiem mięsa białego, o małej zawartości cholesterolu, do których bezsprzecznie należy mięso królicze.

Profil kwasów tłuszczowych w tkankach królików, jak również innych zwierząt gospodarskich, zależy jest od wielu czynników, takich jak: rasa, rodzaj tkanki, wiek czy przedubojowa masa ciała. Istotny wpływ ma także skład dawki pokarmowej [7, 13]. Wzbogacanie pełnodawkowych mieszanek paszowych składnikami o dużej zawartości PUFA *n-3* pozwala na programowanie profilu kwasów tłuszczowych mięsa w wyniku transferu określonych składników z paszy.

Pod względem żywieniowym najbardziej odpowiednim olejem stosowanym do natłuszczenia pasz jest olej lniany, gdyż zawiera znaczące ilości kwasu α -linolenowego, który jest formą długołańcuchową PUFA z rodziny *n-3* i może być częściowo (w około 10 - 30 %) przekształcony w organizmie do EPA, DPA i DHA.

Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe pochodzące z oleju rybnego w sposób najbardziej wydajny fizjologicznie wpływają na wzbogacenie mleka i tkanki zwierzęcej w PUFA *n-3*, a w szczególności w $C_{20:5\ n-3}$ (EPA), $C_{22:5\ n-3}$ (DPA), $C_{22:6\ n-3}$ (DHA)

Duża zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w paszach powoduje, że mogą one być podatne na rozkład (jeliczenie). Jeliczenie jest najczęstszą przyczyną zepsucia tłuszczu. Wyróżnia się jeliczenie hydrolityczne oraz oksydacyjne. Jeliczenie hydrolityczne polega na przyłączeniu cząsteczki wody i zachodzi pod wpływem lipaz obecnych w surowcu. Powstają wtedy wolne kwasy tłuszczowe. Kwasy niskocząsteczkowe są wyczuwalne, przy wysokocząsteczkowych proces ten jest niewyczuwalny sensorycznie. Oksydacja powstałych kwasów tłuszczowych pod wpływem własnych lub pochodzących od drobnoustrojów lipooksydaz i perooksydaz prowadzi do powstania nadtlenków, aldehydów, ketonów i innych szkodliwych związków chemicznych. Jak wykazują liczne badania, związki te mają negatywny wpływ na wartość dietetyczną tłuszczu i są szkodliwe dla organizmu [6, 11]. Powstaje zatem konieczność zabezpieczenia tłuszczu przed oksydacją. Pozytywne rezultaty uzyskuje się, stosując jako antyoksydant naturalny witaminę E, która kontrolując wytwarzanie lipoperoksydazy, ochrania wielonienasycone kwasy tłuszczowe przed utlenianiem.

Natłuszczenie pasz dla królików ma również drugi ważny aspekt korzystny dla konsumentów. Uważa się, że wysoki poziom spożycia tłuszczu, jak i niewłaściwy jego skład mogą powodować zagrożenia chorobami cywilizacyjnymi: otyłością, zaburzeniami układu krążenia, nowotworami czy osłabieniem układu odpornościowego. Szczególne znaczenie ma skład kwasów tłuszczowych diety, a zwłaszcza proporcja kwasów nasyconych do jedno- i wielonienasyconych, które wg wskazań winien wynosić 1 : 1 : 1.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku do paszy 3 % oleju lnianego i rybnego oraz przeciwutleniacza na profil kwasów tłuszczowych, zawartość cholesterolu oraz witaminy E w mięsie króliczym.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły króliki rasy nowozelandzkiej białej (NB). Badania prowadzono na potomstwie odchowanym po 50 samicach stada podstawowego. Królice, utrzymywane były pojedynczo, w klatkach na głębokiej ściółce, w pomieszczeniu zamkniętym, nieogrzewanym, młodzież w klatkach z siatki metalowej po 4 sztuki w każdej.

Samice stada podstawowego żywione były od momentu pokrycia granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z 3 % udziałem jednego z olejów: lnianego lub rybnego. Do mieszanek wprowadzono po 3000 mg/kg (jak w Premiksie) lub 6000 mg/kg witaminy E (dl- α -tokoferyl), jako naturalnego przeciwutleniacza.

Pełnodawkowa mieszanka standardowa, którą żywiono króliki grup kontrolnych zawierała: susz z lucerny – 26 %, otręby pszenne – 18,6 %, śrutę jęczmienną – 25 %, śrutę kukurydzianą – 18 %, śrutę sojową poekstrakcyjną – 8 %, mleko w proszku – 2 %, fosforan paszowy (dwuwapniowy) – 1 %, NaCl – 0,4 % oraz dodatek mineralno-witaminowy wraz z kokcydiostatykiem – 1 % (producent LNB Poland Sp. z o.o. w Kiszkuwie). Wprowadzony do receptury poszczególnych mieszanek 3 % dodatek oleju zmniejszył udział śrutę sojową poekstrakcyjną z 8 do 7 %, suszu z traw z 26 do 25 % i śrutę kukurydzianą z 18 do 17 %.

Zastosowany olej rybny był produktem ubocznym, otrzymywanym podczas procesu produkcji mączki rybnej z ryb, takich jak: śledź, szprot, tołpyga, makrela i dorsz o zawartości $C_{18:3n-3}$ – 3,9 %, $C_{20:5n-3}$ (EPA) – 8,4 %, $C_{22:6n-3}$ (DHA) – 13,6 %, $C_{22:5n-3}$ (DPA) – 0,9 %. Olej lniany pochodził z nasion odmiany Linola o zawartości $C_{18:2n-6}$ – 16,7 % i $C_{18:3n-3}$ – 58,6 %.

Samice stada podstawowego żywione były systemem dawkowanym: po 150 g w okresie spoczynku do 300 g paszy w okresie ciąży i odchovu młodych do 21. dnia życia. Po tym okresie dawki żywieniowe zwiększano odpowiednio do potrzeb pokarmowych rosnącej młodzieży. Króliczeta po odsadzeniu od matek (35. dzień) były żywione systemem "do woli", do 90. dnia życia, pełnoporcjową mieszanką granulowaną, taką jak w okresie odchovu przy matkach.

Utworzono 5 grup doświadczalnych po 10 samic stada podstawowego w każdej:
grupa I (kontrolna) – samice żywione granulowaną mieszanką podstawową o standardowej recepturze,
grupa II – samice żywione mieszanką z 3 % udziałem oleju lnianego,
grupa III – samice żywione mieszanką z 3 % udziałem oleju lnianego i zwiększonym o 100 % udziałem witaminy E,
grupa IV – samice żywione mieszanką z 3 % udziałem oleju rybnego,
grupa V – samice żywione mieszanką z 3 % udziałem oleju rybnego i zwiększonym o 100 % udziałem witaminy E.

W 90. dniu życia królicząt z każdej grupy doświadczalnej wybrano metodą losową po 10 zwierząt, które poddano ubojowi. Ubój i ocenę poubojową królików przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi zasadami.

Badania paszy obejmowały:

- oznaczenie zawartości: suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, włókna surowego, substancji organicznych, bezazotowych wyciągów. Oznaczenia wykonano zgodnie z AOAC [1],
- oznaczenie składu wyższych kwasów tłuszczowych w gotowych pełnoporcjowych mieszankach granulowanych. Analizę wykonywano metodą chromatografii gazowej, oznaczając kwasy w postaci estrów metylowych przy użyciu chromatografu gazowego VARIAN 3400 (kolumna Rtx 2330 (105 m×0,32 mm×0,2 μ).

Określano cechy rzeźne królików: masę przedubojową, masę części jadalnych (tuszka z głową, wątroba, serce, nerki, płuca), masę odpadów (skórę, krew, skoki, przewód pokarmowy). Określano masę tuszki schłodzonej oraz masę mięśni, kości i tłuszczu w całej tuszce. Wydajność rzeźną obliczano jako stosunek masy tuszki ciepłej z głową do masy zwierzęcia przed ubojem.

Badania mięsa obejmowały oznaczenie: składu wyższych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa, TBA-RS w mięsie mrożonym po 2 tygodniach (TBA-RS₁₄) i 3 miesiącach przechowywania (TBA-RS₉₀) w temp. -10 °C, zawartość cholesterolu całkowitego oraz witaminy E.

Oznaczenie składu wyższych kwasów tłuszczowych w tłuszczu pochodzącym z mięśni ud wykonywano metodą chromatografii gazowej, oznaczając kwasy w postaci estrów metylowych w chromatografie gazowej VARIAN 3400 – kolumna Rtx 2330 (105 m×0,32 mm×0,2 μ), program temp. 60 °C – 10 min; do 120 °C (20 °C/min); do 240 °C (3 °C/min), czas analizy: 60 min, temperatura dozownika: 250 °C, detektor: 250 °C; Range = 11, gaz nośny: hel, 3 ml/min, nastrzyk 1,0 ml.

Zawartość cholesterolu całkowitego oznaczano metodą kolorymetryczną, wykorzystując reakcję barwną z 10 % roztworem FeCl₃ rozcieńczonym 100-krotnie kwasem siarkowym. Przygotowanie próbek wykonywano zgodnie z ustaloną w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki PIB procedurą (metoda P 026 wersja 1 z 24.05.01).

Witaminę E oznaczano metodą HPLC Merck-Hitachi w kolumnie LiChro-CARTTM 250-4 SuperspherTM 100 RP-18 (4 mikrony), detektor: FL, Ex. 295 nm, Em. 350 nm, objętość nastrzyku 40 ml (Autosampler L-7250), eluent – metanol: H₂O (96,5 : 3,5 v/v) przepływ 1,0 ml/min (pompa L-7100), integracja HSM-D7000 Merc HITACHI, czas analizy około 30 min.

Miernikiem, którym określano stopień oksydacji tłuszczu śródmięśniowego ud był wskaźnik TBARS – mg aldehydu malonowego w 1 kg mięsa, wg Saliha i wsp. [12] (P 025 wersja 1 z 25.05.2001).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą analizy wariancji oraz testu D-Duncana, wykorzystując program komputerowy Statistica 7 oraz przy użyciu pakietu statystycznego SAS.

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono wyniki podstawowej analizy pełnodawkowych mieszanek granulowanych stosowanych w żywieniu poszczególnych grup doświadczalnych królików. W stosunku do zapotrzebowania według polskich norm żywienia [8] mieszankę podstawową charakteryzował umiarkowany poziom składników pokarmowych. Dodatek oleju lnianego oraz rybnego spowodował wzrost tłuszczu surowego z 2,51 % w grupie kontrolnej do ponad 5 % w pozostałych grupach doświadczalnych.

Tabela 1

Wyniki podstawowej analizy pełnodawkowych mieszanek granulowanych [%].
Results of basic analysis of balanced, complete, pelleted feed mixtures [%].

Grupa Group	Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Białko ogólne Total protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno surowe Crude fibre	Bez N wyc. N-free extractives
I	87,15	5,44	16,20	2,51	11,30	57,10
II	89,23	5,33	16,11	5,90	11,00	56,22
III	88,52	5,27	16,40	5,89	11,20	55,03
IV	87,80	5,47	16,31	5,05	12,00	54,44
V	88,70	5,30	16,30	5,04	11,91	55,46

W tab. 2. zamieszczono wyniki oznaczeń profilu wyższych kwasów tłuszczowych w granulowanych mieszankach paszowych.

W tab. 3. przedstawiono analizę cech rzeźnych tuszki króliczej. Stwierdzono wysoko istotny wpływ natłuszczenia mieszanki paszowej na otluszczenie tuszek, a także istotny na masę ciała królików. Na odkładanie tłuszczu przez organizm ma wpływ stopień nasycenia zawartych w pokarmie kwasów tłuszczowych. Tłuszcze o niskim stopniu nasycenia mogą wpływać na mniejsze otluszczenie. Przyczyną niskiego otluszczenia może być także stymulujący wpływ kwasów wielonienasyconych na enzymy powodujące rozkład kwasów tłuszczowych – β -oksydacje [3, 5]. Pomiędzy grupą II a kontrolną stwierdzono różnice ($P \leq 0,05$) masy ciała królików w dniu uboju, masy części jadalnych, wydajności rzeźnej i masy tuszki schłodzonej.

W tłuszczu śródmięśniowym ud królików oznaczono zawartość kwasów tłuszczowych (tab. 4).

Tabela 2

Skład wybranych kwasów tłuszczowych w granulowanych mieszankach paszowych [% sumy tłuszczów].
Composition of selected fatty acids in pelleted feed mixtures [% of total fats].

Kwas / Acid	Grupa / Group				
	I	II	III	IV	V
C _{16:0}	16,266	10,844	10,368	11,549	12,193
C _{16:1}	0,221	0,168	0,119	0,757	0,975
C _{18:0}	2,132	2,168	2,432	2,006	1,921
C _{18:1}	20,265	25,839	20,660	30,512	33,789
C _{18:2n-6}	52,830	37,566	35,301	36,513	37,229
Gamma C _{18:3n-6}	0,000	0,000	0,000	0,009	0,010
C _{18:3n-3}	6,745	22,388	30,420	15,142	9,040
CLA _{c9t11}	0,064	0,019	0,011	0,070	0,118
CLA _{t10c12}	0,045	0,031	0,000	0,085	0,098
CLA _{c9c11}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CLA _{9t11}	0,088	0,034	0,022	0,024	0,035
C _{22:0}	0,497	0,356	0,343	0,319	0,432
C _{20:4n-6}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C _{22:1}	0,103	0,118	0,053	0,316	0,398
C _{20:5n-3} (EPA)	0,000	0,041	0,027	0,669	0,914
C _{22:6n-3} (DHA)	0,000	0,000	0,000	1,060	1,507
SFA	19,638	13,796	13,386	14,843	15,887
UFA	80,362	86,204	86,614	85,157	84,113
MUFA	20,589	26,124	20,833	31,585	35,162
PUFA	59,773	60,079	65,782	53,572	48,952
PUFA _{n-6}	52,830	37,566	35,301	36,522	37,239
PUFA _{n-3}	6,745	22,429	30,447	16,871	11,461
PUFA _{n-6/n-3}	7,832	1,675	1,159	2,165	3,249
CLA	0,197	0,085	0,033	0,179	0,251

Tabela 3

Wyniki analizy rozbioru tuszki króliczej.
Analysis results of rabbit carcass after the cutting.

Wyszczególnienie / Item	Grupa / Group					SEM
	I	II	III	IV	V	
Masa ciała królika [g] Body weight of rabbit [g]	1965,0a	2462,0b	2355b	2402,0b	2343,0b	97,2
Ogółem części jadalne [g] Total edible parts [g]	1204,0a	1585,0b	1475,0	1463,0	1442,0	44,1
Ogółem odpady [g] Total slaughter waste [%]	761,0a	868,0	873,0	931,0b	894,0b	60,7
Wydajność rzeźna [%] Dressing yield [%]	55,8a	58,4b	56,7	56,7	56,3	4,6
Masa tuszki schłodzonej [g] Hot carcass weight [g]	927,0a	1252,0b	1163,0	1182,0	1139,0	39,4
Masa mięśni w tuszce [g] Weight of muscles in carcass [g]	722,0	1041,0	959,0	960,0	949,0	30,3
Masa kości w tuszce [g] Weight of bones in carcass [g]	164,0	186,0	183,0	198,0	173,0	13,9
Masa tłuszczu w tuszce [g] Weight of fat in carcass [g]	41,0B	25,0A	21,0A	24,0A	17,0A	5,8

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie: a, b – przy $P \leq 0,05$; A, B – przy $P \leq 0,01$;

Mean values denoted by different letters are statistically significantly different: a, b – $P \leq 0.05$; A, B at $P \leq 0.01$.

W badanych mięśniach nie stwierdzono istotnego zmniejszenia zawartości SFA. Tłuszcz śródmięśniowy w decydującym stopniu może determinować skład lipidowy mięsa. Zawiera też znaczną ilość fosfolipidów wchodzących w skład wszystkich błon komórkowych i wewnątrzkomórkowych. Fosfolipidy wykazują predyspozycje do wiązania nasyconego kwasu tłuszczowego w pozycji węgla *sn-1* glicerolu, a kwasu nienasyconego w pozycji *sn-2*. Stąd istnieje znacznie większa możliwość wpływu na kwasy nienasycone PUFA lub MUFA, które konkurencyjnie wiążą glicerol przy drugim węglu niż na zawartość SFA. Podobne tendencje w odniesieniu do trzody chlewnej uzyskali Otten i wsp. [10] oraz Morgan i wsp. [9].

Tabela 4

Profil wybranych kwasów tłuszczowych w tłuszczu śródmięśniowym ud królików [%].
Content of selected fatty acids in intramuscular fat in rabbit thighs [%].

Wyszczególnienie Item	Grupa / Group					SEM
	I	II	III	IV	V	
C _{16:0}	21,825Bc	18,174	15,102Aa	17,654cd	19,231bc	0,91
C _{16:1}	3,257bc	1,869Aa	2,005Aab	3,366c	4,156B	0,22
C _{18:0}	5,459	5,394	5,084	4,449	4,321	0,14
C _{18:1}	21,846B	20,758BDa	18,208BAb	17,085AC	16,956AC	0,62
C _{18:2n-6}	38,487	36,997	36,903	38,762	34,210	1,16
Gamma C _{18:3n-6}	0,143	0,095a	0,111	0,146b	0,146b	0,01
C _{20:0}	0,096Bb	0,082	0,076a	0,066A	0,057A	0,01
C _{18:3n-3}	2,123A	11,538B	18,695C	5,477D	3,852D	0,89
CLA _{e9t11}	0,052	0,041	0,068	0,063	0,057	0,01
CLA _{t10c12}	0,004A	0,037AC	0,009AC	0,094B	0,085B	0,01
CLA _{e9c11}	0,010	0,001	0,005	0,000	0,000	0,00
CLA _{t9t11}	0,501A	0,333A	0,265A	1,299B	1,321B	0,07
C _{20:4n-6}	1,776Bb	1,244a	1,032a	0,945A	0,885A	0,09
C _{22:1}	0,029	0,074	0,014	0,022	0,065	0,02
C _{20:5n-3} (EPA)	0,132Aa	0,129A	0,239Ab	1,520B	1,701C	0,10
C _{22:6n-3} (DHA)	0,931A	0,155A	0,288A	3,825B	4,326B	0,43
SFA	30,704	26,725	22,151	24,902	27,116	1,11
UFA	69,296Aa	73,274	77,848B	75,097b	67,760A	1,10
MUFA	25,133B	22,702	20,228A	20,474A	21,177	0,71
PUFA	44,162Aa	51,172	57,619B	52,133b	41,268Aa	1,70
PUFA _{n-6}	40,407	38,337	38,048	39,853	35,241	1,14
PUFA _{n-3}	3,186A	11,822BC	19,222C	10,822B	9,879B	0,96
PUFA _{n-6/n-3}	13,041B	3,359A	1,979A	3,682A	3,567A	0,74
CLA	0,568B	0,412AB	0,348A	1,457B	1,467B	0,07

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

W grupach królików otrzymujących w diecie olej lniany w tłuszczu śródmięśniowym istotnie ($P \leq 0,01$) wzrosła zawartość kwasu linolenowego (C_{18:3n-3}), nastąpiło również zmniejszenie dysproporcji kwasów PUFA *n-6* do PUFA *n-3*. Dodatek oleju lnianego spowodował istotny ($P \leq 0,01$) wzrost wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA *n-3*. Różnice wystąpiły również pomiędzy grupą II i III, co wskazuje

na skuteczność zastosowanego przeciwutleniacza. Obserwowany w tej grupie (III) wzrost zawartości PUFA *n-3* był prawdopodobnie następstwem obniżenia podatności tych kwasów na procesy oksydacyjne. W wyniku utleniania się kwasów z rodziny *n-3* mięso wykazuje zapach rybi, którego nośnikiem są kwasy: α -linolenowy ($C_{18:3n-3}$), eikozapentaenowy ($C_{20:5n-3}$) oraz dokozaheksaenowy ($C_{22:6n-3}$). Stąd też w przypadku stosowania dodatku oleju lnianego ważne wydaje się zastosowanie odpowiedniego przeciwutleniacza.

Najkorzystniejszy profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego, tj. najwyższy poziom EPA i DHA otrzymano, stosując dodatek oleju rybnego. Kwasom tłuszczowym z rodziny *n-3* EPA i DHA przypisuje się szczególnie korzystne właściwości w zapobieganiu chorobie wieńcowej u ludzi. Normy żywienia określają dzienne zapotrzebowanie na te kwasy na 0,65 g.

Efektywność transformacji kwasów zawartych w dodawanych tłuszczach do kwasów tkanki mięśniowej wskazuje na fakt, że długołańcuchowe kwasy tłuszczowe pochodzące z oleju rybnego w sposób najbardziej wydajny fizjologicznie wpływają na wzbogacenie tkanki w PUFA *n-3*. Olej lniany, (który jest najbogatszym źródłem kwasów z rodziny *n-3*) mimo dużej zawartości kwasu α -linolenowego spowodował porównywalne z olejem rybnym odłożenie tych kwasów w tkance mięśniowej.

W tab. 5. przedstawiono poziom cholesterolu całkowitego, witaminy E oraz TBARS po 14 i 90 dniach przechowywania mięsa króliczego.

Tabela 5

Zawartość cholesterolu całkowitego [mg/100 g], witaminy E [mcg/g] oraz TBARS [mg/kg] w mięsie króliczym.

Content of total cholesterol [mg/100 g], vitamin E [mcg/g], and TBARS [mg/kg] in rabbit meat.

Wyszczególnienie / Item	Grupa / Group					SEM
	I	II	III	IV	V	
Cholesterol całkowity Total cholesterol	66,32b	60,81b	60,51b	59,99a	62,72	0,84
Witamina E / Vitamin E	1,73Aa	2,32Ab	4,02B	2,19Ab	3,76B	0,10
TBARS ₁₄	0,32A	0,22A	0,18A	0,54B	0,48B	0,01
TBARS ₉₀	0,63B	0,56B	0,22A	0,88C	0,66BC	0,02

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

Analizując średnią zawartość cholesterolu w mięsie, stwierdzono istotne różnice pomiędzy grupą IV a I, II i III. Badania prowadzone przez Xiccato i Trocino [15] nad wpływem zwiększonego udziału tłuszczu roślinnego w zbilansowanych dawkach pokarmowych dla królików wskazują, że zastosowanie niezbędnych nienasyconych kwa-

sów tłuszczowych o odpowiedniej relacji między poszczególnymi rodzajami kwasów może wpływać na ograniczenie poziomu cholesterolu całkowitego w mięśniach i tłuszczu zapasowym. Efekt ten zachodzi pod wpływem stymulacji bądź hamowania aktywności reduktazy HMG CoA w wątrobie – enzymu kontrolującego proces syntezy cholesterolu. Stwierdzono, że podawanie ludziom np. zmodyfikowanej wieprzowiny o obniżonej zawartości cholesterolu powoduje istotne zmniejszenie stężenia cholesterolu całkowitego i jego aterogennej frakcji LDL w profilu lipidowym osocza [2].

Po zwiększeniu poziomu witaminy E w paszy obserwowano bardzo wyraźne jej odkładanie w mięsie. Ma to duże znaczenie dla konsumentów, gdyż w celu właściwego przyswajania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych ich spożyciu powinna towarzyszyć witamina E, jako naturalny przeciwutleniacz, a zalecana jej ilość to 0,4 mg α -tokoferolu na 1 g kwasów [4]. Zastosowany zwiększony dodatek witaminy E do paszy miał korzystne oddziaływanie na zmniejszenie podatności lipidów mięsa na procesy utleniania w trakcie jego zamrażalniczego przechowywania. Zwiększenie zawartości kwasów PUFA w tkance zwierząt, zarówno zapasowej, jak i mięśniowej, może nasilać proces peroksydacji lipidów w tkankach żywego organizmu, a także w przechowywanych produktach mięsnych. Produkty utleniania kwasów PUFA mogą powodować obniżenie walorów smakowo-zapachowych, jak również barwy i konsystencji mięsa. Cechy niekorzystne narastają wraz z wydłużaniem okresu przechowywania. Procesy peroksydacji można zahamować przez wprowadzanie antyutleniaczy do paszy wzbogacanej olejami.

W przypadku dodatku oleju rybnego do mieszanki paszowej, który istotnie zwiększył ilość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie, wykazano tendencję do zwiększania się wartości TBA-RS po 14 i 90 dniach przechowywania mięsa (temp. -10 °C). Zwiększenie poziomu witaminy E znacznie spowalniało ten proces.

Dodatek oleju lnianego do paszy nie miał takiego wpływu, pomimo że znacznie zwiększał zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie. Podobne tendencje uzyskali Świątkiewicz i wsp. [14], analizując wpływ rodzaju tłuszczu oraz przeciwutleniacza w paszy dla kur nieśnych na profil kwasów tłuszczowych i podatność na utlenianie lipidów żółtka jaj.

Wnioski

1. Zastosowanie w żywieniu królików oleju lnianego i rybnego zmieniło profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego. Efektywność transformacji kwasów zawartych w dodawanych do paszy tłuszczach do kwasów tkanki mięśniowej wskazuje, że długołańcuchowe kwasy tłuszczowe pochodzące z oleju rybnego w sposób najbardziej wydajny fizjologicznie wpływają na wzbogacenie tkanki w PUFA *n-3*.

2. Olej lniany (najbogatsze źródło kwasów z rodziny $n-3$), mimo bardzo dużej zawartości kwasu α -linolenowego, spowodował porównywalne z olejem rybnym odłożenie tych kwasów w tkance mięśniowej uda króliczego.
3. Zastosowanie oleju rybnego i lnianego w mieszankach dla królików pozwala na uzyskanie mięsa o walorach prozdrowotnych, charakteryzującego się optymalnym dla zdrowia człowieka stosunkiem kwasów $n-6/n-3$.
4. Badania potwierdziły celowość stosowania przeciwutleniaczy paszowych w żywieniu królików paszą z udziałem tłuszczów zawierających wysoki poziom kwasów nienasyconych.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis Heldrich K. (Ed). Association of Official Analytical Chemists, 15 th Edition, Arlington, VA, USA, 1990.
- [2] Barowicz T.: Wieprzowina bez cholesterolu. Trzoda Chlewna, 2001, **3**, 50-51.
- [3] Crespo N., Esteve-Garcia E.: Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. Poultry Sci., 2002, **81**, 1533-1542.
- [4] Gibney M.J., Vorster H.H., Kok F.J.: Introduction to human nutrition. Blackwell Science, Oxford 2002.
- [5] Hanczakowski P.: Fizjologiczne działanie kwasów tłuszczowych. Wiad. Zoot., 2003, **3-4**, 3-6.
- [6] Hęś M., Korczak J.: Wpływ różnych czynników na szybkość utlenienia się lipidów mięsa. Nauka Przyroda Technologie, 2007, **1 (1)**, 1-11.
- [7] Kowalska D., Bielański P.: Modyfikowanie walorów dietetycznych mięsa króliczego czynnikami żywieniowymi. Roczniki IPMiT, 2008, XLVI/1, 45-56.
- [8] Normy żywienia mięsożernych i roślinożernych zwierząt futerkowych. IFiZZ PAN Jabłonna – praca zbiorowa, 1994, ss. 52-58.
- [9] Morgan C.A.: Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. J. Sci. Food Agric., 1992, **58**, 357-360.
- [10] Otten W., Wirth C., Iaizzo P.A., Eichinger H.M.: A high omega 3 fatty acid diet alters fatty acid composition of heart, liver, kidney, adipose tissue and skeletal muscle in swine. Ann. Nutr. Metab., 1993, **37**, 134-141.
- [11] Robey W., Shermer W.: The damaging effects of oxidation. Feed Mix, 1994, **2**, 23-25.
- [12] Salih A.M., Smith D.M., Price J.F., Dawson L.E.: Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. Poultry Sci., 1987, **66**, 1483.
- [13] Szkucik K., Libelt K.: Wartość odżywcza mięsa królików. Med. Wet., 2006, **62 (1)**, 108-110.
- [14] Świątkiewicz S., Koreleski J.: Rodzaj tłuszczu oraz przeciwutleniacza w paszy dla kur nieśnych a profil kwasów tłuszczowych i podatność na utlenianie lipidów żółtka jaj. Wiad. Zoot., 2003, R. XLI, **2**, 35-40.
- [15] Xiccato G., Trocino A.: Role of dietary lipid on digestive physiology, immune system and growth in rabbits. Cost 848, Agriculture and Biotechnology, 2003, 48-57.

EFFECT OF LINSEED & FISH OIL SUPPLEMENTS IN FEED ON FATTY ACID PROFILE AND INTRAMUSCULAR FAT OXIDATION IN RABBITS

S u m m a r y

The objective of the research performed was to determine the effect of 3 % linseed, 3 % fish oil, and one antioxidant added to feed on the fatty acid profile, content of cholesterol and vitamin E in the lipids of rabbit meat.

The research project comprised the offspring of 50 New Zealand White rabbit does. The rabbits in the control group (I) were fed a balanced, complete, standard rabbit feed mixtures. The animals from the control group II and III were fed a feed with 3 % linseed oil added; the feed for the rabbits from the group III contained a 100 % higher supplement of vitamin E as a natural antioxidant. The animals from the groups IV and V were fed a feed with 3 % fish oil added; the feed for the group V contained a higher content of vitamin E added. In the samples of meat taken from the rear leg muscles of the rabbits investigated, the following was determined: fatty acid profile, total content of cholesterol, total content of vitamin E, and malondialdehyde (TBARS).

The 3 % supplement of linseed and fish oil caused the content of *n-3* polyunsaturated fatty acids to increase. A significant difference was found between the control group and experimental groups as regards the content of those fatty acids. In addition, it was found that the disproportion in the content of *n-6* and *n-3* acids decreased; this fact has a positive effect from the nutritional point of view. The research proved a significant effect of the linseed and fish oil supplements on the total content of cholesterol in the rabbit meat. A significant increase in the content of vitamin E was found in the analyzed muscles of rabbits in the experimental groups, and a decrease in content of malondialdehyde (TBARS), which reflects a slower rate of meat lipid oxidation.

Key words: rabbit, feed, linseed oil, fish oil, fatty acids, cholesterol, vitamin E ☒