

## SKŁAD CHEMICZNY I PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH MIĘSA KRÓLIKÓW ŻYWIANYCH MIESZANKĄ Z UDZIAŁEM UBOCZNYCH PRODUKTÓW BIOPALIW

Dorota Kowalska✉

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Balicach

**Streszczenie:** Celem badań było określenie wpływu mieszanek paszowych, w których 5-procentowy dodatek poekstrakcyjnej śrutki sojowej zastąpiono 5-procentowym dodatkiem DDGS z kukurydzy lub makuchu rzepakowego, na skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych w mięsie królików. Materiał doświadczalny stanowiło 30 królików NB odchowywanych do wieku 90 dni. Analizę jakościową mięsa przeprowadzono w mięśniach combra, oznaczając: pH<sub>45'</sub> i pH<sub>24h</sub>, zawartość wody, białka, tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych. Obliczono indeks aterogenny i trombogenny. Dodatek wymienionych pasz do mieszanki miał istotny wpływ na zmniejszenie ( $p \leq 0,01$ ) odfuszczenia tuszki. Przy skarmianiu granulatem z dodatkiem makuchu rzepakowego stwierdzono istotne ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszenie ilości kwasu palmitynowego, sumy SFA oraz stosunku n-6/n-3, a zwiększenie sumy UFA i PUFA<sub>n-3</sub>. Przy dodatku DDGS z kukurydzy stwierdzono istotny wzrost ( $p \leq 0,01$ ) udziału kwasów EPA i DHA i zmniejszenie stosunku kwasów n-6/n-3. Wartości wskaźnika AI i TI były najkorzystniejsze w grupie królików otrzymujących w mieszance dodatek makuchu rzepakowego.

**Słowa kluczowe:** króliki, DDGS kukurydziany, makuch rzepakowy, kwasy tłuszczowe

### WSTĘP

Rozwój produkcji biopaliw w Polsce umożliwił poszerzenie bazy paszowej o produkty uboczne tej branży, takie jak: makuchy, śrutka rzepakowa czy suszone wywary DDGS. Najwyższy poziom białka ogólnego, w granicach od 23,5 do 35,3% w zależności od gatunku i jakości surowca zbożowego oraz ilości biomasy drożdży przechodzącej do wywaru, występuje w krajowych DDGS produkowanych z kukurydzy. Zawiera on do 13% tłuszczu surowego, w którym ponad 54% stanowi kwas linolowy, a około 25% kwas oleinowy C18:1 i do 10% włókna surowego [Koreleski i Świątkiewicz, 2006]. Duża

---

✉dorota.kowalska@izoo.krakow.pl

zawartość nierozpuszczalnych frakcji włókna poprawia trawienie i powoduje wzrost kwasowości treści jelit, co zmniejsza populację bakterii patogennych i wpływa na obniżenie częstotliwości występowania biegunek, zwłaszcza u młodych zwierząt.

Smulikowska [2006], opierając się na badaniach własnych oraz danych z licznych publikacji, wykazała, że udział białka surowego w krajowym makuchu rzepakowym waha się od 25 do 35%, przy zawartości lizyny w wysokości 6,2–6,4 g na 100 g białka, a tłuszczu surowego od 9–21%. Z uwagi na większą wartość energetyczną makuch rzepakowy, jako pasza dla zwierząt ma znacznie większą wartość niż poekstrakcyjna śruta rzepakowa.

Zarówno DDGS z kukurydzy, jak i makuchy rzepakowe ze względu na dużą zawartość białka, mogą częściowo zastąpić importowaną śrutę sojową, która wobec wprowadzonego od kilku lat zakazu stosowania w żywieniu zwierząt gospodarskich mączek pochodzenia zwierzęcego stała się podstawowym źródłem białka w mieszankach paszowych.

Wpływ tych pasz na efekty produkcyjne, wartość rzeźną i jakość mięsa nie został jeszcze dostatecznie zbadany w tuczu królików. Można jednak oczekiwać, że pasze te, jako wysokoenergetyczny składnik dawki pokarmowej, przyczynią się do zróżnicowania składu tuszy, a także jakości mięsa oraz profilu kwasów tłuszczowych.

Celem badań było określenie wpływu mieszanek paszowych z 5-procentowym dodatkiem DDGS z kukurydzy lub makuchu rzepakowego na skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych w mięsie królików.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiło 30 królików rasy nowozelandzkiej białej, które w wieku 35 dni przydzielono losowo do trzech równych grup i tuczono do wieku 90 dni (zgoda LKE, przy Instytucie Farmakologii PAN 818/11). Karmiono je *ad libitum* pełnoporcjowymi mieszankami paszowymi. W grupie kontrolnej (K) stosowano mieszankę standardową sporządzoną na bazie: susz z lucerny – 25%, otręby pszenne – 18,6%, śruta jęczmienna – 26%, śruta kukurydziana – 14%, śruta sojowa poekstrakcyjna – 12%, preparat mlekozastępczy DOLMILK MD – 2%, fosforan wapnia – 1%, NaCl – 0,4% oraz dodatek mineralno-witaminowy wraz z kokcydiostatykiem – 1%.

W recepturze mieszanek doświadczalnych 5% poekstrakcyjnej śrutę sojowej zastąpiono taką samą ilością DDGS z kukurydzy (grupa SWK) o zawartości białka 30% lub makuchu rzepakowego o zawartości białka 32% (grupa MR). Dawki odpowiednio zbilansowano, aby utrzymać na stałym poziomie ilość białka (15,5%), włókna (12,0%) i tłuszczu (3,5%).

Po zakończeniu odchowu doświadczalnego wszystkie króliczeta ubito w ubojni przyzakładowej zgodnie z obowiązującą metodyką dla tej grupy zwierząt.

Pozyskane tuszki poddano dysekcji. Analizę jakościową mięsa przeprowadzono w mięśniach combra (*musculus longissimus lumborum*), oznaczając: pH w 45 minut po uboju (pH<sub>45</sub>) oraz po 24-godzinym chłodzeniu w temperaturze 4°C (pH<sub>24h</sub>), podstawowy skład chemiczny (woda, białko, tłuszcz) i profil kwasów tłuszczowych.

Pomiary pH mięsa wykonywano zawsze w tej samej okolicy combra za pomocą mikroprocesorowego pH-metru CyberScan PH 10 PMMV METER.

Oznaczenia zawartości wody wykonano wg PN-ISO 1442:2000, zawartość tłuszczu określono metodą Soxhleta wg PN-ISO 1444:2000, a oznaczenie zawartości białka – metodą Kjeldahla wg PN-75/A-04018.

Liofilizowane próbki mięśni, w których oznaczono procentową zawartość kwasów tłuszczowych, poddawano ekstrakcji roztworem chloroformu i metanolu zgodnie z metodą Folcha i in. [1957]. Estrы metylowe kwasów tłuszczowych przygotowywano wg ISO 12966-2:2011. Profil kwasów tłuszczowych odpowiednich estrów metylowych oznaczano metodą chromatografii gazowej za pomocą chromatografu gazowego VARIAN 3400, z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym FID, przy temp. dozownika równej 250°C, przy użyciu kolumny Rtx 2330 o parametrach 105 m × 0,32 mm × 0,2 μ. Jako gazu nośnego używano helu o przepływie 3 ml/min, nastrzyk 0,7 ml. Do oznaczenia kwasów użyto wzorców Sigma-Aldrich.

Obliczono indeksy: aterogenny (AI) i trombogenny (TI) na podstawie wzorów podanych przez Ulbrichta i Southgate (1991) gdzie:

$$AI = \frac{(C12:0 + 4C14:0 + C16:0)}{(PUFA_{n-3} + PUFA_{n-6} + MUFA)}$$

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5MUFA + 0,5PUFA_{n-6} + 3PUFA_{n-3} + \frac{PUFA_{n-3}}{PUFA_{n-6}}}$$

## METODY STATYSTYCZNE

Uzyskane wyniki doświadczenia opracowano statystycznie w układzie jednoczynnikowym przy użyciu analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy średnimi w grupach szacowano, stosując test Duncana. Obliczenia wykonano pakietem statystycznym Statistica 12 PL.

## WYNIKI I Dyskusja

Pasze zarówno z dodatkiem makuchu rzepakowego, jak i DDGS z kukurydzy były chętnie wyjadane przez zwierzęta. Końcowa masa ciała nie różniła się statystycznie pomiędzy grupami (tab. 1). W grupach doświadczalnych stwierdzono natomiast mniejsze otłuszczenie tuszek ( $p \leq 0,01$ ). Kowalska i Bielański [2011] we wcześniejszych badaniach dotyczących 5% dodatku makuchu rzepakowego do mieszanek granulowanych dla tej grupy zwierząt stwierdzili również zmniejszenie otłuszczenia tuszki. Z kolei w badaniach na świniach Linneen i in. [2008] obserwowali zmniejszenie otłuszczenia tusz wraz ze wzrostem udziału DDGS w dawce. Świątkiewicz i in. [2013] wykazali, że przy stosowaniu tej paszy słonina grzbietowa jest cieńsza w porównaniu z grupą kontrolną.

W warunkach wzrostu spożycia mięsa króliczego coraz większego znaczenia nabiera jakość uzyskanego produktu. Dotyczy ona oczekiwań zarówno technologa zakładów

Tabela 1. Wyniki analizy rzeźnej królików (g)

Table 1. Slaughter analysis results of rabbits (g)

Wyszczególnienie – Item	Grupa – Group		
	K	SWK	MR
Masa ciała – Body weight	2520,1 ±25,3	2590,8 ±28,2	2589,5 ±29,1
Masa tuszki ciepłej – Hot carcass weight	1320,0 ±18,4	1358,2 ±16,8	1391,5 ±14,8
Masa tłuszczu pachwinowego, łopatkowego i narządowego Inguinal, shoulder and abdominal fat weight	58,51 <sup>A</sup> ±1,48	37,36 <sup>B</sup> ±1,18	37,48 <sup>B</sup> ±1,10
Masa mięśni w tuszce – Carcass muscle weight	995,2 ±18,4	1026,2 ±21,2	1048,6 ±22,4

Wartości oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie, A,B –  $P \leq 0,01$ .

Values denoted by different letters in the lines differ statistically significantly, A,B –  $P \leq 0,01$ .

± odchylenie standardowe/ ± standard deviation.

mięsnych, jak i konsumenta. Wymagania odbiorców obydwu grup są zgodne w przypadku ograniczenia udziału tłuszczu w tuszce, stanowi on bowiem odpad poubojowy. Dla dzisiejszego konsumenta poszukującego pożywienia dietetycznego może być składnikiem ograniczającym konsumpcję mięsa, duże znaczenie odgrywa tutaj bowiem ocena wzrokowa.

Dawka pokarmowa z udziałem makuchu rzepakowego i DDGS z kukurydzy nie miała istotnego wpływu na masę mięśni w tuszce.

Kwasowość czynna (pH), jako wskaźnik jakości mięsa jest m.in. wyznacznikiem kształtowania się zmian poubojowych. W przypadku mięsa króliczego średnia wartość  $pH_{45}$  powinna mieścić się w granicach 6,1–6,8, a  $pH_{24h}$  5,4–5,8 [Kowalska i in. 2011]. Tempo zmniejszania wartości pH zależy od stanu zwierzęcia w chwili uboju – obniża się szybciej, gdy zwierzę było zdrowe, wypoczęte, niezestresowane.

W prowadzonych badaniach wartości  $pH_{45}$  i  $pH_{24h}$  mięsa badanych grup mieściły się w granicach przyjętych dla mięsa normalnego, pozbawionego objawów nienaturalnej konwersji mięśni do mięsa (tab. 2). Podobne wartości  $pH_{45}$  dla tej rasy, wykazali Kowalska i Bielański [2011] – 6,57 oraz Szkucik i Pysz-Lukasik [2006] – 6,21. Cavani i in. [2000] oznaczyli w mięśniach królików  $pH_{24} = 5,79$ , a Szkucik i Pysz-Lukasik [2006] – 5,71. Zgodnie z obserwacjami ostatnich autorów, 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 [Pisarski i in. 2006].

Zawartość białka w mięśniu najdłuższym grzbietu była zbliżona we wszystkich grupach i wynosiła 21,8–22,5%. Otrzymane wyniki są niższe niż wartości podane przez Szkucika i Libelta [2006] – 23,91%, Szkucika i Pysz-Lukasik [2009] – 23,9%, Cygan-Szczegielniak i in. [2010] – 23,6%, ale zbliżone do podanych przez Pla i in. [2004] – 22,1%. Xiccato [1999], uwzględniając badania różnych autorów, podaje, że poziom białka w mięsie króliczym może kształtować się na poziomie 18,6–21,9%. Różnice w zawartości białka 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. W badaniach własnych zawartość tego składnika różniła się istotnie ( $p \leq 0,01$ ) pomiędzy grupą MR a pozostałymi. Mniejszą zawartość tłuszczu śródmięśniowego

wego w combrze oznaczyli Pla i in. [2004] – 1,20%, Szkucik i Libelt [2006] – 1,12%, większą Kowalska i Bielański [2011] – 2,11%. Na odkładanie tłuszczu przez organizm ma wpływ stopień nasycenia zawartych w pokarmie kwasów tłuszczowych. Tłuszcze o niskim stopniu nasycenia mogą wpływać na mniejsze odtuszczenie. Przyczyną małego odtuszczenia może być także stymulujący wpływ kwasów wielonienasyconych na enzymy powodujące rozkład kwasów tłuszczowych w wyniku  $\beta$ -oksydacji [Hanczakowski 2003]. Na kształtowanie się omawianej cechy miała wpływ dawka pokarmowa z udziałem makucho rzepakowego.

W poszczególnych grupach zawartość wody w combrze nie różniła się istotnie i zawierała w przedziale 73,4–74,9%, korespondując z wynikami podawanymi przez Szkucika i Libelta [2006]. Interakcja wody i struktur białkowych komórki mięśniowej jest odpowiedzialna za właściwości fizyczne, organoleptyczne i technologiczne, w tym za bardzo pożądaną cechę jakościową mięsa i jego przetworów, jaką jest kruchość [Dolętowski i in. 2004].

Tabela 2. Zawartość białka [%], tłuszczu śródmięśniowego [%], wody [%] oraz  $\text{pH}_{45}$  i  $\text{pH}_{24\text{h}}$  w mięsie królików

Table 2. Content of protein [%], intramuscular fat [%], water [%] and  $\text{pH}_{45}$  and  $\text{pH}_{24\text{h}}$  in rabbit meat

Wyszczególnienie – Item	Grupa – Group		
	K	SWK	MR
$\text{pH}_{45}$ – $\text{pH}_{45}$	6,52 $\pm$ 0,18	6,59 $\pm$ 0,12	6,60 $\pm$ 0,16
$\text{pH}_{24\text{h}}$ – $\text{pH}_{24\text{h}}$	5,62 $\pm$ 0,12	5,70 $\pm$ 0,17	5,68 $\pm$ 0,13
Białko – Protein	21,8 $\pm$ 1,10	22,0 $\pm$ 1,31	22,5 $\pm$ 1,10
Tłuszcz – Fat	1,98 <sup>A</sup> $\pm$ 0,11	1,87 <sup>A</sup> $\pm$ 0,13	1,32 <sup>B</sup> $\pm$ 0,12
Woda – Water	74,9 $\pm$ 2,38	73,4 $\pm$ 1,43	73,5 $\pm$ 1,58

Wartości oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie, A,B –  $P \leq 0,01$ .

Values denoted by different letters in the lines differ statistically significantly, A,B –  $P \leq 0,01$ .

$\pm$  odchylenie standardowe/  $\pm$  standard deviation.

System żywienia zwierząt odgrywa istotną rolę w kształtowaniu składu chemicznego mięsa, a szczególnie jego profilu lipidowego. Spośród kwasów tłuszczowych nasyconych (tab. 3) najczęściej w badanym mięsie stwierdzono kwasu palmitynowego C16:0, którego ilość jest wprost proporcjonalna do stopnia odtuszczenia tuszki. Odtuszczenie z kolei wpływa na szybszy wzrost poziomu SFA i MUFA niż PUFA [Lazzaroni i in. 2009]. Kwas palmitynowy zaliczany jest do grupy kwasów, którym przypisuje się niekorzystne oddziaływanie na organizm człowieka, szczególnie poprzez stymulację stężenia cholesterolu we krwi, a zwłaszcza jego frakcji LDL. Najmniejszy potwierdzony statystycznie w stosunku do grupy K udział kwasu palmitynowego stwierdzono w mięsie królików skarmianych paszami granulowanymi z 5% udziałem makucho rzepakowego ( $p \leq 0,01$ ).

Wśród kwasów tłuszczowych nienasyconych największy procentowy udział stwierdzono w przypadku kwasu linolowego C18:2, przy czym największe jego wartości ( $p \leq 0,01$ ) występowały w mięsie królików otrzymujących w paszy 5% makucho rzepakowego. Za korzystną zmianę w grupach SWK i MR należy uznać istotnie ( $p \leq 0,01$ ) zwiększoną zawartość kwasu arachidonowego C20:4 przyczyniającego się do poprawy odporności or-

Tabela 3. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mięsa króliczego [%]

Table 3. The content of chosen of fatty acids in rabbit meat fats

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Grupa – Group		
	K	SWK	MR
C <sub>12:0</sub>	0,20 <sup>A</sup> ±0,02	0,04 <sup>B</sup> ±0,01	0,13 <sup>C</sup> ±0,01
C <sub>14:0</sub>	3,77 <sup>A</sup> ±0,52	2,68 <sup>B</sup> ±0,44	2,79 <sup>B</sup> ±0,35
C <sub>16:0</sub>	32,6 <sup>A</sup> ±2,55	31,9 <sup>A</sup> ±2,48	28,9 <sup>B</sup> ±2,15
C <sub>16:1</sub>	4,63 <sup>A</sup> ±0,13	4,03 <sup>A</sup> ±0,14	3,28 <sup>B</sup> ±0,18
C <sub>18:0</sub>	5,44 <sup>A</sup> ±1,21	6,41 <sup>B</sup> ±1,11	6,51 <sup>B</sup> ±1,02
C <sub>18:1</sub>	26,1 <sup>a</sup> ±2,56	26,5 <sup>a</sup> ±2,11	27,7 <sup>b</sup> ±2,52
C <sub>18:2n-6</sub>	20,7 <sup>A</sup> ±1,96	19,6 <sup>B</sup> ±2,04	22,8 <sup>C</sup> ±1,85
C <sub>20:0</sub>	0,09 <sup>A</sup> ±0,01	0,01 <sup>B</sup> ±0,01	0,11 <sup>A</sup> ±0,01
C <sub>18:3n-3</sub>	4,04 <sup>A</sup> ±0,42	4,61 <sup>B</sup> ±0,22	5,02 <sup>C</sup> ±0,30
C <sub>20:4n-6</sub>	1,50 <sup>A</sup> ±0,22	2,90 <sup>B</sup> ±0,31	2,17 <sup>C</sup> ±0,33
C <sub>22:1</sub>	0,02 ±0,00	0,03 ±0,00	0,02 ±0,00
C <sub>20:5n-3</sub> (EPA)	0,16 <sup>A</sup> ±0,01	0,25 <sup>B</sup> ±0,01	0,12 <sup>A</sup> ±0,01
C <sub>22:6n-3</sub> (DHA)	0,03 <sup>A</sup> ±0,00	0,13 <sup>B</sup> ±0,01	0,05 <sup>B</sup> ±0,01
SFA	42,3 <sup>A</sup> ±2,33	41,1 <sup>A</sup> ±2,45	38,6 <sup>B</sup> ±2,56
UFA	57,7 <sup>A</sup> ±4,45	58,9 <sup>A</sup> ±4,11	61,4 <sup>B</sup> ±3,85
MUFA	30,7 ±1,98	30,5 ±2,05	31,1 ±2,06
PUFA	26,9 <sup>A</sup> ±2,14	28,4 <sup>B</sup> ±2,45	30,36 <sup>C</sup> ±2,46
PUFA <sub>n-6</sub>	22,30 <sup>A</sup> ±2,11	22,57 <sup>A</sup> ±3,32	25,1 <sup>B</sup> ±3,15
PUFA <sub>n-3</sub>	4,23 <sup>A</sup> ±0,56	4,99 <sup>A</sup> ±0,48	5,17 <sup>B</sup> ±0,34
PUFA <sub>n-6/n-3</sub>	5,27 <sup>A</sup> ±1,03	4,52 <sup>B</sup> ±0,99	4,84 <sup>B</sup> ±1,12

Wartości oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie, A,B –  $P \leq 0,01$ , a,b –  $P \leq 0,05$ .

Values denoted by different letters in the lines differ statistically significantly, A,B –  $P \leq 0,01$ , a,b –  $P \leq 0,05$ .

± odchylenie standardowe/ ± standard deviation.

ganizmu i stymulacji układu krążenia. W tłuszczu mięsa królików otrzymujących pasze z DDGS z kukurydzy stwierdzono największy udział kwasu eikozapentaenowego C20:5 (EPA) oraz dokozaheksaenowego C22:6 (DHA) wynoszący 0,25 i 0,13, a różnica w stosunku do grupy kontrolnej została potwierdzona statystycznie na poziomie  $p \leq 0,01$ . Kwasy te są niezbędne do normalnego wzrostu i rozwoju organizmu, zapobiegają niewydolności wieńcowej serca, zwiększają odporność organizmu, uczestniczą w transporcie lipidów, w tym cholesterolu, a także obniżają poziom cholesterolu we krwi obwodowej [Achremowicz i Szary-Sworst 2000]. Chwastowska-Siwiecka i in. [2014] oraz Kowalska i Bielański [2008] stwierdzili mniejsze wartości tych kwasów w tłuszczu mięsa królików żywionych mieszanką granulowaną bez udziału DDGS odpowiednio na poziomie 0,03 i 0,06.

Za istotne pod względem żywieniowym należy uznać zmniejszenie ilości kwasów SFA a zwiększenie UFA w grupie MR w stosunku do pozostałych, podobnie jak zwiększenie sumy PUFA n-3 ( $p \leq 0,01$ ). W grupach doświadczalnych stwierdzono istotne ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszenie stosunku kwasów n-6/n-3 z 5,27 do 4,52 i 4,84, co ma duże znaczenie w profilaktyce chorób układu krążenia i nowotworów. Wartości stosunku kwasów

n-6/n-3 podawane przez innych autorów mieszczą się w granicach od 3,8 do 8,8, przy czym najmniejsze wartości uzyskano przy żywieniu królików paszami gospodarskimi z dużym udziałem zielonki 73–75% [Cygan-Szczegielnik i in. 2010, Chwastowska-Siwiecka i in. 2014]. Przyczyną powyższych różnic może być zróżnicowanie diet, a przede wszystkim różnica w podaży kwasów z rodziny n-3.

Jakość zdrowotną lipidów śródmięśniowych badanego mięsa królików określono poprzez wyliczenie indeksów: aterogennego AI i trombogennego TI. Indeks AI wykazuje zależność pomiędzy kwasami tłuszczowymi nasyconymi (proaterogennymi), sprzyjającymi przyłączaniu się lipidów do komórek śródbłonka układu krążenia, a kwasami tłuszczowymi nienasyconymi (antyaterogennymi), zmniejszającymi poziom cholesterolu i zapobiegającymi występowaniu chorób naczyń wieńcowych. Indeks TI wskazuje na tendencję do tworzenia się skrzepów w naczyniach krwionośnych.

Wartości indeksu AI kształtowały się na zbliżonym poziomie w grupie K i SWK, w grupie MR stwierdzono istotnie mniejszą jego wartość ( $p < 0,01$ ), podobnie jak indeksu zakrzepowego – TI. Różnił się on istotnie od wartości uzyskanych dla mięsa SWK i K ( $p < 0,01$ ). Pomiedzy tymi grupami stwierdzono również istotność na poziomie  $p \leq 0,01$ . Capra i in. [2013] uzyskali przy żywieniu królików standardową mieszanką granulowaną wartości indeksu AI na poziomie 0,62, natomiast TI 0,96. Istotne obniżenie ( $p \leq 0,01$ ) indeksu TI do poziomu 0,80 autorzy uzyskali, podając królikom oprócz mieszanki granulowanej dodatek zielonki z luceny.

Wartości oszacowanych wskaźników świadczą, że udział i proporcja poszczególnych kwasów tłuszczowych odgrywają istotną rolę w kształtowaniu wartości dietetycznej mięsa króliczego.

Tabela 4. Wartość indeksów aterogennego (AI) i trombogennego (TI) w tłuszczu mięsa króliczego  
Table 4. The value of atherogenic (AI) and thrombogenic (TI) of rabbit meat fats

Indeks – Index	Grupa – Group		
	K	SWK	MR
AI	0,64 <sup>A</sup> ±0,02	0,60 <sup>A</sup> ±0,02	0,52 <sup>B</sup> ±0,02
TI	1,04 <sup>A</sup> ±0,02	0,93 <sup>B</sup> ±0,04	0,79 <sup>C</sup> ±0,03

Wartości oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie, A,B –  $P \leq 0,01$ .

Values denoted by different letters in the lines differ statistically significantly, A,B –  $P \leq 0,01$ .

± odchylenie standardowe/ ± standard deviation.

## WNIOSKI

Uzyskane w badaniach własnych wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania w żywieniu królików DDGS z kukurydzy i makuchu rzepakowego. Dodatek tych pasz do mieszanki granulowanej miał istotny wpływ na zmniejszenie ( $p \leq 0,01$ ) otłuszczenia tuszki oraz korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych w mięsie królików. Na szczególną uwagę zasługuje istotne ( $p \leq 0,01$ ) zmniejszenie ilości kwasu palmitynowego, sumy SFA oraz stosunku kwasów n-6/n-3, a zwiększenie sumy UFA i PUFA<sub>n-3</sub> przy skarmianiu

granulatem z 5-procentowym dodatkiem makuchu rzepakowego. Przy 5-procentowym dodatku do mieszanki paszowej DDGS z kukurydzy stwierdzono korzystny dla konsumenta istotny wzrost ( $p \leq 0,01$ ) udziału kwasu EPA i DHA i zmniejszenie stosunku kwasów n-6/n-3. Wartości oszacowanych wskaźników AI i TI świadczą, że udział i proporcja poszczególnych kwasów tłuszczowych odgrywają istotną rolę w kształtowaniu wartości dietetycznej mięsa króliczego. Najkorzystniejsze wartości wskaźnika AI i TI stwierdzono w grupie królików otrzymujących w mieszance 5-procentowy dodatek makuchu rzepakowego.

## LITERATURA

- Achremowicz K., Szary-Sworst K., 2000. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 44, 23–35.
- Capra G., Martinez R., Fradiletti F., Cozzano S., Repiso L., Marquez R., Ibanez F., 2013. Meat quality of rabbits reared with two different feedings strategies: with or without fresh alfalfa ad libitum. *World Rabbit Sci.* 21, 23–32.
- Chwastowska-Siwiecka I., Kaliniewicz J., Kondratowicz J., Skiepmo N., 2014. Wpływ czasu zamrażalniczego przechowywania i metody rozmrażania na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego mięsa króliczego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 4(95), 122–135.
- Cygan-Szczegielniak D., Stasiak K., Janicki B., 2010. Wpływ diety na wybrane parametry oceny poubojowej tuszek oraz jakość mięsa królików. *Med. Weter.* 66(12), 839–842.
- Dolatowski Z.J., Twarda J., Dudek M., 2004. Zmiany uwodnienia mięsa podczas dojrzewania. *Ann. UMCS, sect. E*, 59(4), 1595–1606.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497.
- Hanczakowski P., 2003. Fizjologiczne działanie kwasów tłuszczowych. *Wiad. Zoot.*, R.XLI, 3–4, 3–6.
- Koreleski J., Świątkiewicz S., 2006. Wartość pokarmowa i wykorzystanie produktów ubocznych z biopaliw w żywieniu drobiu. *Wiad. Zoot.* 3(250), 29–37.
- Kowalska D., Bielański P., 2008. Efektywność odłożenia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych pochodzących z paszy w tkance mięśni króliczych. *Rocz. Nauk. PTZ* 4(3), 175–181.
- Kowalska D., Bielański P., 2011. Zastosowanie pasz rzepakowych w żywieniu królików i ich wpływ na jakość mięsa. *Rocz. Nauk. PTZ* 7(2), 53–63.
- Kowalska D., Bielański P., Chelmińska 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.
- Lazzaroni L., Biagini D., Lussiana C., 2009. Fatty acids composition of meat and perirental fat in rabbits from two different rearing systems. *Meat Sci.* 83, 135–139.
- Linneen S.K., DeRouchy J.M., Dritz S.S., Goodband R.D., Tokach M.D., Nelssen J.L., 2008. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. *J. Anim. Sci.* 86, 1579–1587.
- 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. *Med. Weter.* 62, 74–76.



- 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 Sci.* 2(12), 149–158.
- Smulikowska S., 2006. Wartość odżywcza wytlóków rzepakowych produkowanych w kraju dla drobiu. *Wiadom. Zootech.* 44(3), 22–28.
- Szkucik K., Pyz-Łukasik R., 2006. pH value of rabbit meat. *Annales UMCS, LXI*, 13, 115–118.
- Szkucik K., Libelt K. 2006. Wartość odżywcza mięsa królików. *Med. Weter.* 62(2), 108–110.
- Szkucik K., Pyz-Łukasik R., 2009. Jakość zdrowotna mięsa królików. *Med. Weter.* 65(10), 665–669.
- Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Olszewska A., 2013. Effect of diet containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and NSP-hydrolyzing enzymes supplementation on growth performance, carcass traits and meat quality of pigs. *Ann. Anim. Sci.* 13(2), 313–326.
- Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T., 1991. Coronary Heart Disease: Seven Dietary Factors. *Lancet* 338, 985–992.
- Xiccato G., 1999. Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.* 7(2), 75–86.

## CHEMICAL COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE OF MEAT FROM RABBITS FED A DIET WITH BIOFUEL CO-PRODUCTS

**Summary:** The aim of the study was to determine the effect of dietary mixtures containing 5% maize distillers' dried grains (DDGS) or rapeseed cake on chemical composition and fatty acid profile of rabbit meat. The experiment used 30 New Zealand White rabbits, which were randomly assigned to three equal groups at 35 days of age and fattened until the age of 90 days. In the experimental diets, 5% soybean meal was replaced with the same amount of maize DDGS (group SWK) containing 30% protein or with rapeseed cake containing 32% protein (group MR). The carcasses from slaughtered animals were dissected. Meat quality analysis was performed in saddle muscles (*musculus longissimus lumborum*) and measured the following groups of traits: pH 45 min postmortem ( $\text{pH}_{45}$ ) and after 24-hour chilling at 4°C ( $\text{pH}_{24\text{h}}$ ); basic chemical composition (water, protein and fat content) and fatty acid profile. Calculation was made of the atherogenic index (AI), which shows the relationship between proatherogenic saturated fatty acids (which contribute to the binding of lipids to vascular endothelial cells) and antiatherogenic unsaturated fatty acids (which reduce cholesterol level and prevent the incidence of coronary artery disease), and of the thrombogenic index (TI), which shows the tendency to form clots in the blood. Our results confirm the possibility of feeding rabbits with dried DDGS and rapeseed cake. The addition of these feeds to the pelleted diet had a significant effect on reducing ( $p \leq 0.01$ ) carcass fatness and on improving the fatty acid profile of rabbit meat. Special consideration should be given to the significant ( $p \leq 0.01$ ) decreases in the amount of palmitic acid, total SFA and the ratio of  $n-6/n-3$  PUFA, and the increases in total UFA and  $n-3$  PUFA when feeding a pelleted diet with 5% rapeseed cake. Adding 5% maize DDGS to the diet had a beneficial effect for the consumer as it significantly ( $p \leq 0.01$ ) increased the proportion of EPA and DHA as well as reducing the ratio of  $n-6/n-3$ . The estimated values of AI and TI suggest that the proportion of individual fatty acids plays an important role in the dietetic value of rabbit meat. AI and TI values were most beneficial in the group of rabbits supplemented with 5% rapeseed cake in the diet.

**Key words:** rabbits, maize DDGS, rapeseed cake, fatty acid