

Efektywność odłożenia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych pochodzących z paszy w tkance mięśni króliczych*

Dorota Kowalska, Paweł Bielański

Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie,
Dział Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt,
ul. Krakowska 1, 32-083 Balice

Celem badań było określenie względnej procentowej zawartości kwasów tłuszczowych w tkance mięśnia tylnej nogi króliczej oraz efektywności transformacji kwasów tłuszczowych pochodzących z paszy w kwasy tłuszczowe tkanki mięśniowej, w wyniku wzbogacania paszy 3% dodatkiem oleju rzepakowego, lnianego lub rybnego. Efektywność tego procesu wskazuje na fakt, że długołańcuchowe kwasy tłuszczowe pochodzące z oleju rybnego w sposób najbardziej wydajny fizjologicznie wpływają na wzbogacenie tkanki w PUFA *n-3*. Zastosowanie oleju rybnego i lnianego w mieszankach dla królików pozwala na uzyskanie mięsa o najlepszych walorach prozdrowotnych, charakteryzującego się optymalnym dla zdrowia człowieka stosunkiem kwasów PUFA *n-6/n-3*.

SŁOWA KLUCZOWE: króliki / żywienie / kwasy tłuszczowe

W ostatnich latach, w żywieniu zwierząt coraz więcej uwagi poświęca się tłuszczom, które są nośnikami energii oraz źródłem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Działanie tych kwasów w ustroju zwierzęcia przejawia się głównie poprzez aktywność eikozanoidów (zwanymi hormonami tkankowymi), syntetyzowanych z kwasu arachidonowego (AA) i eikozapentaenowego (EPA). Ze względu na mechanizm działania można je traktować, jako najbardziej obwodowo umieszczone przekaźniki I rzędu, które na poziomie komórkowym wzmacniają lub osłabiają regulacyjną czynność hormonów i neuromediatorów. Spośród czterech rodzin niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych swoiste biologiczne działanie wykazują głównie dwie – rodzina kwasu linolowego C 18:2 *n-6* oraz kwasu α -linolenowego C 18:3 *n-3*. Korzystny wpływ kwasów z rodziny *n-3* obserwowano nie tylko w stanach chorobowych, ale

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy nr 2 PO62 03 230

również w utrzymaniu optymalnego przed- i pourodzeniowego wzrostu i rozwoju organizmu ssaków [2].

Podawany w paszy tłuszcz może w znacznym stopniu modyfikować zawartość kwasów tłuszczowych w tkankach zwierząt. Na proces transformacji kwasów tłuszczowych, pochodzących z paszy w kwasy tłuszczowe tkanki, może jednak wpływać wiele czynników, jak np. pozycja kwasu tłuszczowego, jaką zajmuje w glicerolu czy zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczu diety, a zwłaszcza tych wykazujących w stosunku do siebie konkurencyjny charakter (PUFA:MUFA; $n-3:n-6$; kwas arachidonowy:kwas eikozapentaenowy) [4].

Na prowadzone badania można również spojrzeć w innym aspekcie, a mianowicie konsumenckim. Wzbogacanie mięsa, jaj czy mleka w składniki, które mogą korzystnie oddziaływać na organizm człowieka od lat stanowi metodę podniesienia wartości dietetycznej produktów pochodzenia zwierzęcego. Na tych przesłankach opiera się produkcja żywności, tzw. „prozdrowotnej”, do której obok mikroelementów i witamin wprowadza się właśnie długołańcuchowe nienasycone kwasy tłuszczowe – głównie z szeregu $n-3$. Potrzeba wprowadzania tych składników wynika z ich częstego niedoboru w pokarmie człowieka.

Celem badań było określenie względnej procentowej zawartości kwasów tłuszczowych w tkance mięśnia tylnej nogi króliczej oraz efektywności transformacji kwasów tłuszczowych pochodzących z paszy w kwasy tłuszczowe tkanki mięśniowej, w wyniku wzbogacania paszy 3% dodatkiem oleju rzepakowego, lnianego lub rybnego.

Materiał i metody

Materiał doświadczalny stanowiły króliki rasy nowozelandzkiej białej w ilości 160 sztuk (po 40 sztuk w grupie). Badania prowadzono w okresie od odsadzenia zwierząt, tj. w wieku 35 dni, do osiągnięcia wieku 90 dni. Zwierzęta utrzymywane były w klatkach piętrowych z siatki punktowo zgrzewanej (po 4 sztuki tej samej płci).

Króliki grup doświadczalnych były żywione granulowanymi mieszankami pełnoporcjowymi z 3% udziałem jednego z olejów: rzepakowego – grupa II, lnianego – grupa III, rybnego – grupa IV. Pełnodawkowa mieszanka standardowa, którą żywiono króliki grupy kontrolnej (grupa I) zawierała: susz z traw, otręby pszenne, śrutę jęczmienną, śrutę kukurydzianą, śrutę sojową poekstrakcyjną, mleko w proszku, fosforan paszowy, NaCl oraz dodatek mineralno-witaminowy.

Zastosowany olej rybny był produktem ubocznym, otrzymywanym podczas procesu produkcji mączki rybnej z ryb (śledź, szprot, tołpyga, makrela i dorsz), o zawartości: C 18:3 $n-3$ – 3,9%; C 20:5 $n-3$ (EPA) – 8,4%; C 22:6 $n-3$ (DHA) – 13,6%; C 22:5 $n-3$ (DPA) – 0,9%. Olej lniany pochodził z nasion odmiany Linola, o zawartości C 18:2 $n-6$ – 16,7% i C 18:3 $n-3$ – 58,6%. Olej rzepakowy użyty w doświadczeniu zawierał C 18:2 $n-6$ – 27,6% i C 18:3 $n-3$ – 10,2%. Króliczeta żywiono systemem „do woli”.

Badania na zwierzętach przeprowadzone zostały w fermie królików K-001, należącej do Instytutu Zootechniki – PIB w Balicach. Badania próbek paszy i mięsa zostały wykonane w Centralnym Laboratorium IZ-PIB.

Badania próbek paszy obejmowały:

– fizykochemiczne analizy mieszanek paszowych dla wszystkich grup doświadczalnych, oznaczano zawartość: suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, włókna surowego, bezazotowych wyciągowych (oznaczenia zostały wykonane wg AOAC (1990);

– oznaczenie składu wyższych kwasów tłuszczowych w gotowych pełnoporcjowych mieszankach granulowanych (analizę wykonano metodą chromatografii gazowej, oznaczając kwasy w postaci estrów metylowych na chromatografii gazowej VARIAN 3400, z detektorem 250 st.; Range = 11, przy użyciu kolumny Rtx 2033 o parametrach 105m x 0,32 mm x 0,2 u).

W 90. dniu życia królicząt z każdej grupy doświadczalnej wybrano metodą losową po 6 zwierząt, które ubito zgodnie z obowiązującą dla tej grupy zwierząt procedurą. W badanym mięsie oznaczono skład wyższych kwasów tłuszczowych w lipidach mięsa króliczego (tylna noga) – analizę wykonano metodą chromatografii gazowej oznaczając kwasy w postaci estrów metylowych na chromatografii gazowej VARIAN 3400.

Uzyskane dane liczbowe zostały poddane obliczeniom statystycznym przy użyciu programów statystycznych SAS.

Wyniki i dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy podstawowej pełnodawkowych mieszanek granulowanych dla wszystkich grup. Dodatek oleju rzepakowego, lnianego i rybnego spowodował wzrost tłuszczu surowego – z 2,51% w grupie kontrolnej do ponad 5% w grupach doświadczalnych. Tabela 2 zawiera wyniki oznaczeń profilu wyższych kwasów tłuszczowych w próbkach granulowanych mieszanek paszowych.

W lipidach mięśni tylnych nóg króliczych oznaczono zawartość kwasów tłuszczowych (tab. 3). W grupie IV, w stosunku do pozostałych, stwierdzono wysoko istotne ($P \leq 0,01$) zmniejszenie zawartości SFA (nasycone kwasy tłuszczowe). Pomiedzy pozostałymi grupami nie stwierdzono różnic statystycznych. Tłuszcz wewnątrzmięśniowy, którego skład lipidowy w decydującym stopniu może determinować skład lipidowy chudego mięsa, zawiera znaczną ilość fosfolipidów wchodzących w skład wszystkich błon komórkowych i wewnątrzkomórkowych. Fosfolipidy wykazują predyspozycje do wiązania nasyconego kwasu tłuszczowego w pozycji węgla glicerolu sn-1 a kwasu nienasyconego w pozycji sn-2. Stąd istnieje znacznie większa możliwość wpływu na zawartość kwasu nienasyconego – PUFA (wielonienasycone kwasy tłuszczowe) lub MUFA (jednonienasycone kwasy tłuszczowe), które konkurencyjnie wiążą glicerol przy drugim węglu, niż na zawartość SFA. Podobne wyniki w odniesieniu do trzody chlewnej uzyskali Morgan i wsp. [7] oraz Otten i wsp. [8].

Zastosowany w grupie II dodatek oleju rzepakowego nie miał istotnego wpływu na zawartość kwasów z rodziny *n-3*. Ogólna ilość MUFA była wyraźnie wyższa ($P \leq 0,01$), niż w grupie kontrolnej oraz w grupach otrzymujących dodatek oleju lnianego i rybnego. W stosunku do grupy kontrolnej nie stwierdzono zawężenia stosunku kwasów *n-6* do *n-3*. Dodatek oleju lnianego, spowodował wysoko istotny ($P \leq 0,01$) wzrost wielonie-

Tabela 1 – Table 1Wyniki analizy podstawowej pełnodawkowych mieszanek granulowanych (%)
Nutrient content of the feeds (%)

Grupa – Group	Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Białko ogólne Crude protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno surowe Crude fibre	Bezazotowe wyciągowe N-free extractives
I (kontrolna) (control)	87,15	5,44	16,20	2,51	11,30	57,10
II (olej rzepakowy) (rape seed oil)	88,07	4,89	16,24	5,18	11,91	54,74
III (olej lniany) (linseed oil)	89,23	5,33	16,11	5,90	11,00	56,22
IV (olej rybny) (fish oil)	87,80	5,47	16,31	5,05	12,00	54,44

Tabela 2 – Table 2Skład kwasów tłuszczowych w próbkach gotowych mieszanek granulowanych (% sumy kwasów)
The composition of fatty acids (% of total acids) in the samples of feed mixtures

Kwas tłuszczowy Fatty acid	Grupa – Group			
	I (kontrolna) (control)	II (olej rzepakowy) (rape seed oil)	III (olej lniany) (linseed oil)	IV (olej rybny) (fish oil)
C 14:0	0,175	0,112	0,102	0,527
C 16:0	16,266	10,874	10,844	11,549
C 16:1	0,221	0,230	0,168	0,757
C 18:0	2,132	1,662	2,168	2,006
C 18:1	20,265	38,134	25,839	30,512
C 18:2 n-6	52,830	39,812	37,566	36,513
Gama 18:3 n-6	0,000	0,000	0,000	0,009
C 20:0	0,568	0,576	0,327	0,442
C 18:3 n-3	6,745	7,598	22,388	15,142
CLA c9t11	0,064	0,046	0,019	0,070
CLA t10c12	0,045	0,129	0,031	0,085
CLA c9c11	0,000	0,000	0,000	0,000
CLA t9t11	0,088	0,033	0,034	0,024
C 22:0	0,497	0,389	0,356	0,319
C 20:4 n-6	0,000	0,000	0,000	0,000
C 22:1	0,103	0,370	0,118	0,316
C 20:5 n-3 (EPA)	0,000	0,035	0,041	0,669
C 22:6 n-3 (DHA)	0,000	0,000	0,000	1,060
SFA	19,638	13,614	13,796	14,843
UFA	80,362	86,386	86,204	85,157
MUFA	20,589	38,734	26,124	31,585
PUFA	59,773	47,652	60,079	53,572
PUFA n-6	52,830	39,812	37,566	36,522
PUFA n-3	6,745	7,633	22,429	16,871
UFA/SFA	4,712	7,367	7,599	6,790
MUFA/SFA	1,048	2,845	1,894	2,128
PUFA/SFA	3,044	3,500	4,355	3,609
PUFA n-6/n-3	7,832	5,216	1,675	2,165
CLA	0,197	0,207	0,085	0,179

Tabela 3 – Table 3

Względna zawartość kwasów tłuszczowych w tkance mięśnia tylnej nogi królików żywionych mieszanką zawierającą różne rodzaje tłuszczu (% sumy kwasów)

Relative content of fatty acids in the muscle tissue of hind leg in rabbits fed mixtures supplemented with different kind of fats (% of total acids)

Kwas tłuszczowy Fatty acid	Grupa – Group				SEM
	I	II	III	IV	
	(kontrolna) (control)	(olej rzepakowy) (rape seed oil)	(olej lniany) (linseed oil)	(olej rybny) (fish oil)	
C 14:0	3,589 ^a	3,600 ^a	3,260 ^a	2,587 ^b	0,18
C 16:0	29,714 ^a	26,841 ^a	27,335 ^a	22,874 ^b	0,99
C 16:1	3,497	3,755	3,595	3,299	0,54
C 18:0	5,574 ^B	7,268 ^A	8,199 ^A	7,574 ^A	0,27
C 18:1	26,430 ^B	30,163 ^A	25,745 ^B	25,527 ^B	0,94
C 18:2 <i>n-6</i>	23,629 ^a	21,685 ^b	21,567 ^h	22,858 ^a	1,04
Gama 18:3 <i>n-6</i>	0,047 ^A	0,076 ^B	0,085 ^B	0,085 ^B	0,01
C 20:0	0,097 ^a	0,072 ^{ah}	0,067 ^b	0,065 ^b	0,01
C 18:3 <i>n-3</i>	2,817 ^A	2,852 ^A	6,458 ^B	3,349 ^A	1,74
CLA <i>c9r11</i>	0,382 ^A	0,019 ^B	0,018 ^B	0,058 ^B	0,01
CLA <i>r10c12</i>	0,000 ^D	0,381 ^{BC}	0,197 ^{BC}	1,407 ^A	0,01
CLA <i>c9c11</i>	0,049 ^B	0,341 ^B	0,150 ^B	0,930 ^A	0,01
CLA <i>r9r11</i>	0,019	0,001	0,001	0,012	0,01
C 22:0	0,588 ^A	0,618 ^A	0,539 ^A	0,264 ^B	0,01
C 20:4 <i>n-6</i>	2,192 ^A	1,759 ^B	2,051 ^A	2,575 ^A	0,08
C 22:1	0,145	0,092	0,100	0,104	0,08
C 20:5 <i>n-3</i> (EPA)	0,052 ^B	0,051 ^B	0,133 ^B	1,162 ^A	0,02
C 22:6 <i>n-3</i> (DHA)	0,064 ^B	0,044 ^B	0,064 ^B	4,482 ^A	0,04
SFA	40,705 ^A	38,704 ^A	39,762 ^A	33,662 ^B	0,84
UFA	59,294 ^b	61,296 ^{ah}	60,237 ^{ah}	66,337 ^a	0,84
MUFA	30,073 ^B	34,010 ^A	29,441 ^B	28,930 ^B	1,40
PUFA	29,221 ^A	27,285 ^B	30,795 ^A	36,987 ^A	2,16
PUFA <i>n-6</i>	25,868	23,520	23,704	25,518	1,08
PUFA <i>n-3</i>	2,930 ^C	3,021 ^C	6,723 ^B	9,000 ^A	1,81
UFA/SFA	1,459 ^B	1,586 ^B	1,517 ^B	1,976 ^A	0,16
MUFA/SFA	0,739	0,880	0,741	0,861	0,03
PUFA/SFA	0,720 ^B	0,705 ^B	0,775 ^B	1,102 ^A	0,18
PUFA <i>n-6/n-3</i>	8,849 ^A	7,833 ^{AB}	3,564 ^C	2,822 ^C	2,16
CLA	0,419 ^{BC}	0,744 ^B	0,367 ^{CD}	2,408 ^A	0,03

Średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie: a, b – przy $P \leq 0,05$; A, B – przy $P \leq 0,01$
Means marked with different letters differ significantly: a, b – at $P \leq 0,05$; A, B – at $P \leq 0,01$

nasyconych kwasów tłuszczowych PUFA *n-3*, głównie kwasu linolenowego C 18:3 *n-3*, obserwowano również zawężenie proporcji kwasów PUFA *n-6* do PUFA *n-3*. W diecie człowieka powinny one stanowić jedną trzecią dziennego zapotrzebowania na tłuszcz, przy stosunku *n-6/n-3* od 5:1 do 3:1 [6]. Najkorzystniejszy profil kwasów tłuszczowych lipidów mięsa, tj. najwyższy poziom EPA, DHA oraz najniższy stosunek *n-6/n-3* PUFA, uzyskano stosując 3% dodatek oleju rybnego.

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*. W badanym mięsie królików grupy IV, w stosunku do pozostałych grup, wysoko istotnie ($P \leq 0,01$) wzrosła zawartość izomeru kwasu lino-

lenowego CLA α 10c12, któremu przypisuje się hamowanie rozwoju komórek nowotworowych [1].

Zastosowanie oleju rybnego i lnianego w mieszankach dla królików pozwala na uzyskanie mięsa o najlepszych walorach prozdrowotnych, charakteryzującego się optymalnym dla zdrowia człowieka stosunkiem kwasów PUFA $n-6/n-3$. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) powinny stanowić: $n-6$ – od 2 do 8% energii, a $n-3$ w ilości 2 g/dzień kwasu α -linolenowego (ALA) i 200 mg/dzień długłańcuchowych kwasów tłuszczowych eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) [3]. Nadmierna konsumpcja kwasów $n-6$ zaburza metabolizm kwasów $n-3$ i przeszkadza w fizjologicznej równowadze związków, które są syntetyzowane z tych kwasów. Związane jest to z faktem, że wytwarzanie w komórkach wątroby pochodnych kwasu linolowego i linolenowego odbywa się oddzielnie, w ramach obu rodzin, przy udziale tych samych układów enzymatycznych – desaturaz i elongaz. Stąd też nadmiar kwasu linolowego prowadzi do większej koncentracji kwasu arachidonowego (AA $n-6$), poprzez zahamowanie syntezy kwasów EPA i DHA. Odpowiednia ilość kwasów z rodziny $n-3$ w codziennym pożywieniu zapobiega nadmiernemu wytwarzaniu w organizmie produktów kaskady kwasu AA [5].

PIŚMIENNICTWO

1. ACHREMOWICZ K., SZARY-SWORST K., 2005 – Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 3(44), 23-35.
2. Allen K.G.D., Harris M.A., 2001 – The role of $n-3$ fatty acids in gestation and parturition. *Experimental Biology and Medicine* 226, 498-506.
3. CONNOR W.E., 1999 – Alfa-linolenic acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 69, 827-828.
4. CHRISTENSEN M.S., HOY C.E., 1997 – Early dietary intervention with structured triacylglycerols containing docosahexaenoic acid. Effect on brain, liver and adipose tissue lipids. *Lipids* 32, 185-191.
5. KARŁOWICZ-BODALSKA K., BODALSKI T., 2007 – Nienasycone kwasy tłuszczowe, ich właściwości biologiczne i znaczenie w lecznictwie. *Borgis – Postępy Fitoterapii* 1, 46-56.
6. KOLANOWSKI W., ŚWIDERSKI F., 1997 – Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy $n-3$ ($n-3$ PUFA), korzystne działanie zdrowotne, zalecenie spożycia, wzbogacanie żywności. *Żyw. Człow. Metab.* 2, 49-63.
7. MORGAN C.C., NOBLE R.C., COCCHI M., MCCARTNEY R., 1992 – Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58, 357-368.
8. OTTEN W., WIRTH C., IAIZZO P.A., EICHINGER H.M., 1993 – A high omega 3 fatty acid diet alters fatty acid composition of heart, liver, kidney, adipose tissue and skeletal muscle in swine. *Annals of Nutrition and Metabolism* 37, 134-141.

Deposition efficiency of dietary PUFA in muscle of rabbits

S u m m a r y

The aim of the studies was to determine a relative percentage content of fatty acids in the tissues from muscle of hind rabbit leg, and effectiveness of transformation of fatty acids, coming from feed into fatty acids of muscular tissue as a results of enrichment of feed with 3% addition of rapeseed oil, linseed oil or fish oil. Effectiveness of the discussed process indicates that long-chain fatty acids, deriving from fish oil affect, in a physiologically most effectively way, the enrichment of tissue in *n-3* PUFA. The application of fish oil and linseed oil in the mixtures for rabbits allows obtaining the meat with the best health-promoting values, characterized by the ratio of *n-3/n-6* PUFA being optimal for human health.

