Profil i wartość odżywcza kwasów tłuszczowych w wybranych mięśniach szkieletowych buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej¹⁾

PIOTR DOMARADZKI, PAWEŁ ŻÓŁKIEWSKI*, ANNA LITWIŃCZUK,
MARIUSZ FLOREK, MAŁGORZATA DMOCH

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych, *Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności,
Zakład Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 03.08.2018

Zaakceptowano 08.11.2018

Domaradzki P., Żółkiewski P., Litwińczuk A., Florek M., Dmoch M.

Profile and nutritional value of fatty acids in selected skeletal muscles of Polish Holstein-Friesian bulls

Summary

The aim of the study was to compare the skeletal muscles (longissimus lumborum – LL vs. semitendinosus – ST) of Polish Holstein-Friesian bulls in terms of their chemical composition, fatty acid proportions and the degree to which they meet standards for selected nutrients. The proximate composition, that is, the content of water, ash, crude protein, fat and collagen, was determined in the muscle samples collected. The calorific value of 100 g of meat was calculated based on the total protein content and intramuscular fat, using energy equivalents: 4 kcal for protein and 9 kcal for fat. The fatty acid profile (FA) was determined by gas chromatography (GC-FID), and the following groups were distinguished: saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids in the cis (MUFA cis) and the trans configuration (MUFA trans), as well as polyunsaturated fatty acids (PUFA). On the basis of the content of individual fatty acids, the ratio of PUFA/SFA and n-6/n-3 was calculated. In addition, the following indices were calculated: atherogenic index (AI), thrombogenic index (TI), saturation index (S/P), as well as nutritional value (NV) and the ratio of hypo- and hypercholesterolaemic fatty acids (h/H). The results obtained for fatty acids were expressed as 1) percentage of individual fatty acids in total FAs quantified and 2) as quantity (in mg) per 100 g of fresh meat. Statistical calculations were performed using Statistica software ver. 13. Differences between the muscles were verified with the t-test for independent samples, assuming significance levels of $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$. The muscle type was found to significantly influence the fatty acid (FA) profile for four of the 24 FAs identified. Compared to ST, the LL muscle had a significantly higher share of C18:0 (18.95% vs. 16.55%; $p \leq 0.01$) and CLA (0.38% vs. 0.29%; $p \leq 0.05$) and significantly lower percentages of C16:1 c9 (3.17% vs. 3.74%; $p \leq 0.05$) and C18:1 c9 (36.02% vs. 38.65%; $p \leq 0.05$). With regard to particular groups of fatty acids, the LL muscle had significantly higher percentages of SFA (53.20% vs. 50.71%, $p \leq 0.05$), PUFA (4.20% vs. 3.49%, $p \leq 0.05$) and n-6 (2.69% vs. 2.10%, $p \leq 0.01$) and a significantly lower percentage of cis MUFA (40.73% vs. 43.96%; $p \leq 0.01$). The average amount of fat in 100 g of muscle tissue was 693.30 mg for SFA, 560.81 mg for MUFA cis, 54.74 mg for PUFA (including 33.87 mg of n-6 and 16.23 mg of n-3) and 24.63 mg for MUFA trans. The beef can be classified as a secondary source of fatty acids. The coverage of the recommended intake ranged from 2.5% to 3.8% for SFA, from 1.1% to 1.9% for MUFA, from 0.29% to 1.8% for n-3 acids, and was smaller than 1% for PUFA and n-6. The amount of EPA and DHA satisfied from 0.66% to 1.3% of the minimum daily requirement, while the amount of trans FA ranged from 0.9% to 1.4% of the maximum daily level. It is worth noting that 100 g of the beef provided on average 102.53 kcal, 1.46 g of fat and 22.34 g of protein, which cover, respectively, 5.1% of the daily calorie requirement, 1.9-3.3% of the fat requirement, and as much as 30-45% of the protein requirement for adults. Although the ST muscle, because of its 40% lower fat content and 2% lower protein content, was less caloric than the LL muscle, it also contained fewer biologically active FAs, including CLA, VA, ALA, LA, AA, EPA and DPA. Irrespective of the differences shown, the meat can be classified as a low-calorie and high-protein product, as 87% of its energy value came from protein.

Keywords: beef, fat, chemical composition, nutritional standards

¹⁾ Pracę zrealizowano w ramach projektu BIOSTRATEG „Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju” współfinansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” (BIOSTRATEG2/297267/2/NCBR/2016).

O wartości odżywczej mięsa decyduje przede wszystkim jego skład chemiczny oraz zawartość składników egzogennych. Wołowina pod tym względem należy do najbardziej cenionych gatunków mięs. Jest ona źródłem białka o wysokiej wartości biologicznej, witamin (A, B₉ i B₁₂), składników mineralnych (Fe, Zn, Se) oraz kwasów tłuszczowych, w tym niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT; essential fatty acids – EFAs) oraz sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA; conjugated linoleic acid) (28, 36). Dodatkową zaletą wołowiny w porównaniu z mięsem innych gatunków zwierząt rzeźnych jest optymalna, z reguły nieprzekraczająca 5% zawartość tłuszczu, co przekłada się na jej umiarkowaną kaloryczność (27).

Biesalski (3) i Mann (16) uważają, że mięso czerwone (w tym wołowina) jest istotnym oraz niezbędnym elementem dobrze zbilansowanej diety społeczeństw krajów wysoko rozwiniętych. Dieta bogata w chude czerwone mięso może m.in. przyczynić się do obniżenia poziomu cholesterolu we krwi oraz dostarczyć do organizmu człowieka znaczne ilości kwasów tłuszczowych z grupy *n*-3. Człowiek w toku ewolucji przystosował się do diety bogatej w duże ilości chudego mięsa. Z tego powodu mięso traktowane jest jako niezbędny element w żywieniu człowieka, zapewniający mu optymalny wzrost i rozwój. Obecnie, ze względu na coraz powszechniejsze występowanie dietozależnych chorób cywilizacyjnych ogromną wagę zaczyna przywiązywać się do jakości spożywanych przez człowieka produktów (7).

W Polsce udział ras mięsnych w całkowitej populacji bydła nie przekracza 1%. Z tego powodu większość wołowiny pozyskuje się z osobników pochodzących ze stad bydła mlecznego. Rasa polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno- i czerwono-białej obejmuje obecnie ok. 90% pogłowia bydła mlecznego w Polsce i dlatego stanowi również główne źródło pozyskiwanego mięsa wołowego (6, 14).

Celem pracy było porównanie składu chemicznego oraz profilu kwasów tłuszczowych w wybranych mięśniach szkieletowych buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, a także ocena stopnia realizacji norm żywienia na niektóre składniki odżywcze przez te mięśnie.

Materiał i metody

Materiałem do badań były dwa mięśnie szkieletowe, tj. najdłuższy lędźwi (*m. longissimus lumborum* – LL) i półścięgnisty (*m. semitendinosus* – ST), które pobrano z tusz 14 buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (PHF). Buhajki o masie ciała 558 ± 27 kg poddano ubojowi w wieku 22-24 m-cy w sezonie letnim. W ostatnim okresie opasu żywienie zwierząt opierało się głównie na zielonce z traw (50% s.m. dawki), uzupełnianej kiszunką z kukurydzy (10%), sianokiszunką (20%) i śrutą zbożową (20%).

W pobranych próbach mięsa oznaczono skład podstawowy, tj. zawartość wody metodą suszenia w temperaturze 103°C wg PN-ISO 1442:2000 (21), związków mineralnych w postaci popiołu metodą spalania wg PN-ISO 936:2000

(24), białka ogólnego metoda Kjeldahla wg PN-A-04018:1975 (19), tłuszczu wolnego metodą Soxhleta wg PN-ISO 1444:2000 (22). Przy pomocy spektrofotometru Varian Cary 300 Bio oznaczono zawartości hydroksyproliny (PN-ISO 3496:2000; 23), a na tej podstawie określono ilość kolagenu stosując współczynnik przeliczeniowy 7,52. Kaloryczność 100 g mięsa wyliczano na podstawie zawartości białka ogólnego i tłuszczu śródmięśniowego, wykorzystując do obliczeń fizjologiczne równoważniki energetyczne dla białka 4 kcal, a dla tłuszczu 9 kcal.

Ekstrakcję frakcji lipidowej z mięsa wykonano metodą Folcha i wsp. (11). Próby tłuszczu poddawano transmetylacji, przeprowadzając bezpośrednią konwersję do estrów metylowych (EMKT; fatty acid methyl esters – FAME), stosując mieszaninę 95% H₂SO₄ i metanolu zgodnie z AOCS Official Method Ce 2-66 (2). Rozdziału EMKT dokonano metodą chromatografii gazowej, zgodnie z PN-EN ISO 12966-1:2015-01 (20), przy użyciu aparatu Varian GC 3900 (Walnut Creek, USA) z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (flame ionization detector – FID) i kolumną kapilarną CP 7420 o długości 100 metrów, średnicy wewnętrznej 0,25 mm i grubości filmu 0,25 μm. Analizę przeprowadzano w warunkach zmiennej temperatury (początkowa temperatura pieca kolumny 50°C, końcowa 260°C, temperatura pracy dozownika i detektora 270°C). Przepływ gazu nośnego (wodoru) wynosił 2 ml/min, powietrza – 300 ml/min, a make-up (azot) – 30 ml/min. Objętość dozowanej próbki wynosiła 1 μl, współczynnik podziału 1 : 50. Identyfikację kwasów tłuszczowych przeprowadzono na podstawie względnego czasu ich retencji w stosunku do czasów retencji wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA). Uzyskane wyniki wyrażono w postaci: 1) udziału procentowego poszczególnych kwasów tłuszczowych (KT) w całkowitej ilości zidentyfikowanych KT wg PN-EN ISO 12966-1:2015-01 (20), wykorzystując program komputerowy Star GC Workstation Version 5.5 (Varian Inc., Walnut Creek, USA) oraz 2) w mg/100 g mięsa.

Wśród oznaczanych KT wyróżniono następujące grupy: nasycone kwasy tłuszczowe (saturated fatty acids – SFA), jednonienasycone kwasy tłuszczowe o konfiguracji *cis* (monounsaturated fatty acids – MUFA *cis*) oraz *trans* (MUFA *trans*) i wielonienasycone kwasy tłuszczowe (polyunsaturated fatty acids – PUFA). Na podstawie zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych obliczono proporcję kwasów PUFA/SFA oraz *n*-6/*n*-3. Dodatkowo wyliczono indeksy: aterogeny (atherogenic index – AI), trombogeny (thrombogenic index – TI), nasycenia (saturation index – S/P) (31), a także wartość odżywczą lipidów (nutritional value – NV) (8) oraz proporcję kwasów o działaniu hipo- i hipercholesterolemicznym (hypcholesterolaemic/hypercholesterolaemic ratio – h/H) (26), zgodnie z poniższymi wzorami: $AI = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (MUFA\ cis + n-6 + n-3)$; $TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times MUFA\ cis + 0,5 \times n-6 + 3 \times n-3 + n-3/n-6)$; $S/P = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / (MUFA\ cis + PUFA)$; $NV = (C12:0 + C14:0 + C16:0) / (C18:1\ c9 + C18:2\ n-6)$; $h/H = (C18:1\ c9 + C18:2\ n-6 + C18:3\ n-3 + C20:3\ n-6 + C20:4\ n-6 + C20:5\ n-3 + C22:5\ n-3) / (C12:0 + C14:0 + C16:0)$.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica (4). Różnice pomiędzy badanymi mięśniami zweryfikowano przy pomocy testu *t* dla prób niezależnych, przyjmując poziom istotności $p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$. W tabelach podano wartości średnie oraz odchylenie standardowe.

Wyniki i omówienie

Wyniki analizy składu podstawowego, zawartość kolagenu i kaloryczność badanych mięśni przedstawiono w tabeli 1. Mięsień LL zawierał istotnie więcej białka (22,60%) i tłuszczu (1,71%) oraz istotnie mniej kolagenu (0,96%) w porównaniu z mięśniem ST (odpowiednio: 22,08%, 1,20% oraz 1,49%), czego konsekwencją była jego wyższa o 6,72 kcal kaloryczność. W przypadku wartości energetycznej, jak i pozostałych składników nie wykazano istotnych różnic, między badanymi mięśniami. Wpływ rodzaju mięśnia na jego skład chemiczny w literaturze jest dość dobrze znany i udokumentowany. Najczęściej obserwowane różnice dotyczą zawartości lipidów oraz tkanki łącznej. Zwykle mięsień LL zawiera istotnie więcej tłuszczu oraz mniej kolagenu w porównaniu do ST (5, 13, 18). W przypadku kolagenu związane jest to z aktywnością ruchową zwierząt – mięśnie intensywnie pracujące zawierają więcej kolagenu ogólnego i mniej rozpuszczalnego, w porównaniu do mięśni odpowiedzialnych za utrzymanie postawy. W przypadku tłuszczu łączy się to z różnicami w składzie włókien mięśniowych: czerwone oksydatywne włókna mięśniowe dominujące w mięśniu LL gromadzą więcej lipidów w porównaniu do przeważających w mięśniu ST białych i pośrednich włókien mięśniowych. Uzyskane w badaniach własnych wyniki dotyczące podstawowych składników chemicznych mięsa są zbliżone do podawanych przez innych autorów (10, 12, 34). Z kolei Węglarz (33) w mięśniu najdłuższym klatki piersiowej (*m. longissimus thoracis*) buhajków rasy PHF żywionych średnio intensywnie głównie w oparciu o kiszonkę z kukurydzy, wykazał niższy niż w prezentowanych badaniach własnych udział wody (72,61-72,74%), zbliżony białka (21,58-22,47%) oraz wyższy tłuszczu (3,55-4,51%) i popiołu (1,05-1,06%). Ponadto wskazał, że wraz ze wzrostem masy ubojowej buhajków (550 i 650 kg) w mięsie zmniejszała się zawartość białka, a wzrastała zawartość tłuszczu. Generalnie mięso bydła żywionego w oparciu o pasze z trwałych użytków zielonych zawiera mniej tłuszczu w porównaniu z mięsem pozyskiwanym od zwierząt żywionych paszami treściwymi. Tansawat i wsp. (30) w *m. longissimus thoracis* zwierząt opasanych paszami zbożowymi (z dominującym udziałem kiszonki z kukurydzy) wykazali wyższą zawartość

tłuszczu (12,43%) niż w mięsie bydła utrzymywanego na pastwisku (3,36%). W badaniach Nuernberg i wsp. (17) w *m. longissimus thoracis* w zależności od rasy było to, odpowiednio, 2,61-2,67% oraz 1,51-2,30%.

O wartości biologicznej tłuszczu decyduje przede wszystkim ilość i rodzaj występujących w nim kwasów tłuszczowych. W tłuszczu śródmięśniowym ocenianych mięśni (tab. 2) dominowały kwasy tłuszczowe nasycone (SFA; średnio 51,95%), następnie jednonienasycone o konfiguracji *cis* (MUFA *cis*; 42,35%) oraz wielonienasycone (PUFA; 3,85%). Stwierdzono również obecność charakterystycznych dla tłuszczu przeżuwaczy jednonienasyconych kwasów o konfiguracji *trans* (MUFA *trans*; średnio 1,85%). Uzyskany w badaniach profil KT tłuszczu śródmięśniowego okazał się typowy dla mięsa pozyskanego od zwierząt, których żywienie oparte jest na znaczącym udziale zielonki pastwiskowej. Świadczy o tym relatywnie niska, nieprzekraczająca 2% zawartość tłuszczu, niski udział kwasów z grupy *n-6* oraz preferowana z punktu widzenia żywieniowego proporcja *n-6/n-3*, która nie powinna przekraczać wartości 4: 1 (35). Żywienie jest głównym sposobem modyfikowania profilu kwasów tłuszczowych w mięsie wołowym. Pasze, takie jak trawa, koniczyna czy sianokiszonki są bogatym źródłem kwasu α -linolenowego (18:3 *n-3*), podczas gdy pasze treściwe na bazie zbóż i kiszonki z kukurydzy – kwasu linolowego (18:2 *n-6*). Wykazano korzystniejszą proporcję kwasów *n-6/n-3* w mięsie pozyskanym z bydła żywionego w oparciu o pasze z trwałych użytków zielonych (1,0-2,9) w porównaniu do wołowiny pozyskanej ze zwierząt żywionych paszami treściwymi (4,6-16,2) (15, 17, 30, 32). Utrzymanie równowagi pomiędzy PUFA *n-3* i PUFA *n-6*, jak również właściwa ich podaż w diecie są bardzo istotne ze względu na homeostazę i prawidłowy przebieg różnych procesów w organizmie człowieka. Nadmiar kwasów *n-6* w diecie oraz bardzo wysoka proporcja kwasów *n-6* do *n-3* uważane są za czynnik sprzyjający rozwojowi wielu chorób, w tym układu krążenia, zapalnych i autoimmunologicznych oraz nowotworów, podczas gdy zwiększanie poziomu PUFA *n-3* (przy zachowaniu niskiego stosunku *n-6/n-3*) wywiera przeciwstawne działanie (29).

Wśród kwasów nasyconych (SFA) w ocenianych mięśniach szkieletowych dominowały: kwas palmitynowy (C16:0) oraz kwas stearynowy (C18:0).

Tab. 1. Skład podstawowy (%), zawartość kolagenu (%) oraz wartość energetyczna (kcal/100 g) mięśni buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (n = 14; $\bar{x} \pm s$)

Oznaczone parametry	<i>M. longissimus lumborum</i> (LL)	<i>M. semitendinosus</i> (ST)	Średnio
Woda	74,47 $\pm$ 0,67	75,55 $\pm$ 1,14	75,01 $\pm$ 1,07
Białko	22,60 ^a $\pm$ 0,54	22,08 ^a $\pm$ 0,88	22,34 $\pm$ 0,76
Tłuszcz	1,71 ^b $\pm$ 0,61	1,20 ^a $\pm$ 0,50	1,46 $\pm$ 0,61
Popiół	0,95 $\pm$ 0,18	0,87 $\pm$ 0,26	0,91 $\pm$ 0,22
Kolagen	0,96 ^a $\pm$ 0,14	1,49 ^b $\pm$ 0,22	1,21 $\pm$ 0,33
Wartość energetyczna	105,89 $\pm$ 4,95	99,17 $\pm$ 5,72	102,53 $\pm$ 6,26

Objaśnienia: ^{a, b} – średnie oznaczone różnymi literami w poziomie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$; ^{A, B} – średnie oznaczone różnymi literami w poziomie różnią się istotnie przy $p \leq 0,01$

W grupie kwasów jednonienasyconych (MUFA *cis*) najwyższy procentowy udział stwierdzono w przypadku kwasu oleinowego (C18:1 *c9*), który w tłuszczu śródmięśniowym każdego z badanych mięśni stanowił ponad 1/3 wszystkich oznaczonych KT. Generalnie mięsień LL w porównaniu do ST odznaczał się istotnie wyższym udziałem C18:0 i CLA oraz

Tab. 2. Profil (% sumy kwasów tłuszczowych), proporcje oraz indeksy kwasów tłuszczowych w mięśniach buhajków rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (n = 14; $\bar{x} \pm s$)

Kwasy tłuszczowe	<i>M. longissimus lumborum</i> (LL)	<i>M. semitendinosus</i> (ST)	Średnio
Σ SFA	53,20 ^b $\pm$ 2,80	50,71 ^a $\pm$ 2,73	51,95 $\pm$ 2,99
kaprynowy C10:0	0,04 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,02
laurynowy C12:0	0,07 $\pm$ 0,03	0,11 $\pm$ 0,08	0,09 $\pm$ 0,06
tridekanowy C13:0	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01
mirystynowy C14:0	2,51 $\pm$ 0,41	3,01 $\pm$ 0,87	2,76 $\pm$ 0,71
pentadekanowy C15:0	0,99 $\pm$ 0,19	0,90 $\pm$ 0,15	0,95 $\pm$ 0,17
palmitynowy C16:0	28,33 $\pm$ 1,23	28,15 $\pm$ 1,43	28,24 $\pm$ 1,31
margarynowy C17:0	2,05 $\pm$ 0,25	1,84 $\pm$ 0,34	1,94 $\pm$ 0,31
stearynowy C18:0	18,95 ^b $\pm$ 2,54	16,55 ^a $\pm$ 1,76	17,75 $\pm$ 2,47
arachidowy C20:0	0,24 $\pm$ 0,28	0,10 $\pm$ 0,07	0,17 $\pm$ 0,21
Σ MUFA <i>cis</i>	40,73 ^a $\pm$ 2,98	43,96 ^b $\pm$ 2,73	42,35 $\pm$ 3,25
pentadekenowy C15:1	0,17 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,05
mirystooleinowy C14:1 <i>c9</i>	0,48 $\pm$ 0,17	0,57 $\pm$ 0,33	0,53 $\pm$ 0,26
palmitooleinowy C16:1 <i>c9</i>	3,17 ^a $\pm$ 0,75	3,74 ^b $\pm$ 0,64	3,45 $\pm$ 0,74
margarynooleinowy C17:1 <i>c9</i>	0,66 $\pm$ 0,13	0,67 $\pm$ 0,11	0,67 $\pm$ 0,12
oleinowy C18:1 <i>c9</i>	36,02 ^a $\pm$ 2,71	38,65 ^b $\pm$ 2,32	37,33 $\pm$ 2,81
gondolowy C20:1 <i>c11</i>	0,23 $\pm$ 0,18	0,15 $\pm$ 0,05	0,19 $\pm$ 0,13
Σ MUFA <i>trans</i>	1,90 $\pm$ 0,41	1,80 $\pm$ 0,47	1,85 $\pm$ 0,45
oktadekaenowy C18:1 <i>t6-t10</i>	0,76 $\pm$ 0,31	0,74 $\pm$ 0,27	0,75 $\pm$ 0,33
wakcenowy (VA) C18:1 <i>t11</i>	1,14 $\pm$ 0,41	1,06 $\pm$ 0,34	1,10 $\pm$ 0,37
Σ PUFA	4,20 ^b $\pm$ 0,65	3,49 ^a $\pm$ 0,95	3,85 $\pm$ 0,88
sprzężony kwas linolowy (CLA) C18:2 <i>c9 t11</i>	0,38 ^b $\pm$ 0,12	0,29 ^a $\pm$ 0,09	0,34 $\pm$ 0,11
$\Sigma n-6$	2,69 ^b $\pm$ 0,43	2,10 ^a $\pm$ 0,63	2,40 $\pm$ 0,61
linolowy (LA) C18:2 <i>n-6</i>	2,13 $\pm$ 0,50	1,74 $\pm$ 0,50	1,93 $\pm$ 0,53
dihomo- γ -linolenowy C20:3 <i>n-6</i>	0,19 $\pm$ 0,27	0,10 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,20
arachidonowy (AA) C20:4 <i>n-6</i>	0,37 $\pm$ 0,15	0,27 $\pm$ 0,14	0,32 $\pm$ 0,15
$\Sigma n-3$	1,13 $\pm$ 0,41	1,10 $\pm$ 0,46	1,11 $\pm$ 0,43
linolenowy (ALA) C18:3 <i>n-3</i>	0,55 $\pm$ 0,22	0,51 $\pm$ 0,19	0,53 $\pm$ 0,20
eikozapentaenowy (EPA) C20:5 <i>n-3</i>	0,19 $\pm$ 0,13	0,12 $\pm$ 0,09	0,16 $\pm$ 0,12
dokozapentaenowy (DPA) C22:5 <i>n-3</i>	0,38 $\pm$ 0,21	0,46 $\pm$ 0,39	0,42 $\pm$ 0,31
PUFA/SFA	0,08 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,02
<i>n-6/n-3</i>	2,66 $\pm$ 1,01	2,14 $\pm$ 0,78	2,40 $\pm$ 0,92
<i>h/H</i>	1,29 $\pm$ 0,12	1,35 $\pm$ 0,15	1,32 $\pm$ 0,14
<i>S/P</i>	1,12 ^b $\pm$ 0,13	1,01 ^a $\pm$ 0,11	1,06 $\pm$ 0,13
<i>A/I</i>	0,87 $\pm$ 0,09	0,86 $\pm$ 0,13	0,86 $\pm$ 0,11
<i>T/I</i>	1,97 $\pm$ 0,17	1,79 $\pm$ 0,14	1,88 $\pm$ 0,18
<i>NV</i>	0,81 $\pm$ 0,08	0,78 $\pm$ 0,08	0,80 $\pm$ 0,08

Objaśnienia: jak w tab. 1

istotnie niższym udziałem kwasu palmitooleinowego (C16:1 *c9*) i C18:1 *c9*. Uwzględniając poszczególne grupy kwasów tłuszczowych, istotnie wyższy poziom SFA, PUFA oraz *n-6* odnotowano w mięśniu LL. Z kolei w mięśniu ST wykazano istotnie wyższy udział MUFA *cis*. W przypadku oznaczanych indeksów KT istotne różnice zaobserwowano jedynie w przypadku nasylenia (S/P), którego niższą (korzystniejszą) wartość oznaczono w mięśniu ST.

Przedstawienie udziału kwasów tłuszczowych (szczególnie tych o oddziaływaniu prozdrowotnym) w wartościach bezwzględnych wydaje się istotne z punktu widzenia konsumentów. Oceniane mięśnie buhajków w 100 g zawierały średnio 693,30 mg SFA, 560,81 mg MUFA *cis*, 54,74 mg PUFA oraz 24,63 mg MUFA *trans* (tab. 3). Aldai i wsp. (1) w 100 g *m. longissimus thoracis* buhajków żywionych ekstensywnie na pastwisku z dodatkiem śruty jęczmiennej w końcowym okresie

Tab. 3. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych (mg/100 g mięsa) w *m. longissimus lumborum* i *m. semitendinosus* buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (n = 14; $\bar{x} \pm s$)

Kwasy tłuszczowe	<i>M. longissimus lumborum</i> (LL)	<i>M. semitendinosus</i> (ST)	Średnio
Σ SFA	827,51 ^b ± 294,11	559,10 ^a ± 284,54	693,30 ± 299,84
mirystynowy C14:0	37,85 ± 14,27	33,49 ± 18,92	35,67 ± 16,57
palmitynowy C16:0	427,84 ± 149,44	301,68 ± 133,92	364,76 ± 153,19
stearynowy C18:0	297,86 ^b ± 113,02	183,68 ^a ± 79,60	240,77 ± 112,08
Σ MUFA <i>cis</i>	642,32 ^b ± 235,68	479,30 ^a ± 189,43	560,81 ± 225,38
palmitooleinowy C16:1 <i>c9</i>	49,86 ^b ± 21,91	40,63 ^a ± 16,73	45,24 ± 19,67
oleinowy C18:1 <i>c9</i>	568,26 ^b ± 208,67	421,56 ^a ± 167,37	494,91 ± 199,86
Σ MUFA <i>trans</i>	29,80 ± 8,85	19,46 ± 5,11	24,63 ± 6,85
oktadekaenowy C18:1 <i>t6-t10</i>	10,92 ± 4,94	8,78 ± 3,30	9,84 ± 4,09
wakcenowy (VA) C18:1 <i>t11</i>	18,89 ^b ± 3,94	10,68 ^a ± 2,78	14,79 ± 3,87
Σ PUFA	69,55 ^b ± 33,26	39,93 ^a ± 23,21	54,74 ± 31,90
sprzężony kwas linolowy (CLA) C18:2 <i>c9-t11</i>	6,10 ^b ± 2,47	3,16 ^a ± 1,11	4,63 ± 2,40
$\Sigma n-6$	43,62 ^b ± 19,04	24,13 ^a ± 15,26	33,87 ± 19,61
linolowy (LA) C18:2 <i>n-6</i>	34,36 ± 16,07	19,72 ± 12,13	27,04 ± 15,82
arachidonowy (AA) C20:4 <i>n-6</i>	6,28 ± 4,14	3,24 ± 2,79	4,76 ± 3,79
$\Sigma n-3$	19,83 ± 14,03	12,64 ± 8,17	16,23 ± 11,83
linolenowy (ALA) C18:3 <i>n-3</i>	9,46 ± 6,88	5,91 ± 3,90	7,69 ± 5,77
eikozapentaenowy (EPA) C20:5 <i>n-3</i>	3,31 ± 2,34	1,64 ± 1,91	2,47 ± 2,26
dokozapentaenowy (DPA) C22:5 <i>n-3</i>	7,06 ± 5,97	5,09 ± 4,68	6,07 ± 5,35

Objaśnienia: jak w tab. 1

opasu oznaczyli: 447,6 mg SFA, 309,8 mg MUFA *cis*, 158,1 mg PUFA (w tym 130,6 mg *n-6* i 27,45 mg *n-3*) oraz 62,8 mg MUFA *trans*. Z kolei Tansawat i wsp. (30) w takiej samej porcji *m. longissimus thoracis* bydła utrzymywanego na pastwisku uzyskali, odpowiednio: 1176,5 mg SFA, 1058,8 mg MUFA, 470,6 mg PUFA (w tym 352,9 mg *n-6* oraz 98,6 mg *n-3*). Wykazane różnice pomiędzy wynikami badań Tansawat i wsp. (30) a prezentowanymi wartościami najprawdopodobniej związane są z ilością skarmianej zielonki oraz z ponad dwukrotnie wyższą niż stwierdzoną w badaniach własnych zawartością tłuszczu w mięsie (3,36% vs. 1,46%).

Mięsień LL, ze względu na wyższy o ponad 40% udział tłuszczu w porównaniu do mięśnia ST, odznaczał się wyższą zawartością wszystkich wyróżnionych grup KT, a istotne różnice odnotowano dla sumy SFA, MUFA *cis*, PUFA oraz *n-6* (tab. 3). Z punktu widzenia żywieniowego szczególną uwagę warto zwrócić na zawartość biologicznie aktywnych KT. Mięsień LL zawierał istotnie więcej CLA (6,10 vs. 3,16 mg/100 g) oraz jego prekursora kwasu wakcenowego (C18:1 *t11* VA; 18,89 vs. 10,68 mg/100 g). W przypadku LA, ALA, AA, DPA i EPA ich wyższą zawartość wykazano również w mięśniu LL, ale różnice między mięśniami nie były istotne. Aldai i wsp. (1) w 100 g *longissimus thoracis* w zależności od systemu żywienia stwierdzili 14,20-20,54

mg kwasu VA i 2,84-5,33 mg CLA. Z kolei Tansawat i wsp. (30) donoszą o zawartości CLA w mięsie wołowym w zakresie od 9,29 do 15,18 mg/100 g.

Zalecenia żywieniowe dla osób dorosłych w zakresie odsetka energii pozyskiwanej przez nie z białka oraz tłuszczu, w tym kwasów SFA, MUFA, PUFA i *trans* KT przedstawiono w tabeli 4. Dla diety wymagającej dostarczenia 2000 kcal spożycie 100 g na dobę wołowiny pozbawionej widocznych złogów tłuszczów z wyjątkiem tłuszczu śródmięśniowego, pokrywało (w zależności od mięśnia): od 2,5% do 3,8% zalecanego spożycia na SFA; od 1,1 do 1,9% na MUFA; od

Tab. 4. Realizacja norm żywienia^a na białko, tłuszcz oraz kwasy tłuszczowe przez 100 g porcję *m. longissimus lumborum* i *m. semitendinosus*

Składniki	Procent energii (% E) z diety zalecany przez FAO ^b	g/dzień (dla diety 2000 kcal) ^c	% pokrycia dla diety 2000 kcal	
			LL	ST
Białko	10-15	50-75	30-45	29-44
Tłuszcz	20-35	44-78	2,2-3,9	1,5-2,7
SFA	< 10	< 22	≥ 3,8	≥ 2,5
MUFA	15-20	33-44	1,5-1,9	1,1-1,5
PUFA	6-11	13-24	0,29-0,54	0,17-0,31
<i>n-6</i>	2,5-9	5,6-20	0,22-0,78	0,12-0,43
<i>n-3</i>	0,5-2	1,1-4,4	0,45-1,8	0,29-1,2
TFA	< 1	< 2,2	≥ 1,4	≥ 0,9
EPA + DHA ^d	250 mg	0,25	1,3	0,66

Objaśnienia: ^a dla osób dorosłych; ^b FAO (9) lub w przypadku białka WHO/FAO (35); ^c UE (25); ^d maksymalny poziom spożycia EPA + DHA nie powinien przekraczać 2 g/dzień

0,29% do 1,8% na *n*-3, a w przypadku PUFA i *n*-6 poniżej 1%. Taka porcja mięsa zapewniała jedynie minimalne dzienne zapotrzebowanie na EPA i DHA w zakresie od 0,66% do 1,3%. Oceniana wołowina w minimalnym stopniu była również źródłem kwasów tłuszczowych typu *trans*, realizując od 0,9% do 1,4% ich maksymalną dzienną podaż.

Warto podkreślić, iż analizowane mięśnie były znaczącym źródłem białka, pokrywając dzienne zapotrzebowanie u osób dorosłych na ten składnik w zakresie od 29% aż do 45%. Jednocześnie sugerowana porcja mięsa pokrywała od 1,5% do 3,9% dziennego zapotrzebowania na tłuszcz. Generalnie udział ocenianej wołowiny w realizacji całkowitego zapotrzebowania energetycznego u osób dorosłych wynosił od 4,9% (w przypadku mięśnia ST) do 5,3% (w przypadku mięśnia LL).

W literaturze mięso czerwone często przedstawiane jest negatywnie jako obfite źródło tłuszczu, niekorzystnych dla zdrowia nasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu. W rzeczywistości, co potwierdzają prezentowane badania, w wołowinie pozyskanej od bydła opasanego dużym udziałem zielonki pastwiskowej zawartość tłuszczu nie przekraczała 2%, średnia zawartość SFA wynosiła 693,30 mg/100 g, a kwasów tłuszczowych o konfiguracji *trans* 24,30 mg/100 g. Ponadto stugramowa porcja ocenianego mięsa tylko w 1,9-3,3% realizowała dzienne zapotrzebowanie na tłuszcz oraz w 5,1% dzienne zapotrzebowanie na energię. Była za to bardzo dobrym źródłem białka, pokrywając aż w 29-45% zapotrzebowanie na ten składnik u osób dorosłych. Zalecenia dietetyczne nie uwzględniają również zapotrzebowania na niektóre biologicznie czynne kwasy tłuszczowe np. CLA, VA, DPA, występujące w relatywnie znacznych ilościach w mięsie przeżuwaczy.

Piśmiennictwo

- Aldai N., Dugan M. E. R., Kramer J. K. G., Martínez A., López-Campos O., Mantecón A. R., Osoro K.: Length of concentrate finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: an emphasis on trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles. *Animal* 2011, 5, 1643-1652.
- AOCs: Official method Ce 2-66. Preparation of methyl esters of fatty acids. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL 2000.
- Biesalski H. K.: Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci.* 2005, 70, 509-524.
- Dell Inc.: Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software. dell.com. 2016.
- Domaradzki P., Florek M., Litwińczuk A.: Zawartość kolagenu ogólnego i rozpuszczalnego w mięśniach szkieletowych różnych kategorii bydła rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-Kulturalne* 2013, 21, 177-185.
- Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z.: Fulfilment of the requirements of adults and children for minerals by beef, taking into account the breed of cattle and muscle. *J. Elementol.* 2017, 22, 21-30.
- Drewnowski A.: Obesity, diets, and social inequalities. *Nutr. Rev.* 2009, 67 (Suppl. 1), 36-39.
- Estévez M., Morcuende D., Ramírez R., Ventanas S., Cava R.: Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of liver pâté. *Meat Sci.* 2004, 67, 453-461.
- FAO: Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Food and Nutrition Paper 91, Rome 2010, s. 11-17.
- Florek M., Litwińczuk Z., Kędzińska-Matysek M., Grodzicki T., Skalecki P.: Wartość odżywcza mięsa z lędźwiowej części mięśnia najdłuższego i półścięgnistego uda młodego bydła rzeźnego. *Med. Weter.* 2007, 63, 242-246.
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G. H.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957, 226, 497-509.
- Grodzicki T., Litwińczuk A., Barłowska J., Domaradzki P.: Wartość rzeźna i właściwości fizykochemiczne mięśni szkieletowych krajowych buhajków czarno-białych i mieszanców towarowych po buhajach rasy limousine. *Rocz. Nauk. PTZ* 2010, 4, 295-305.
- Litwińczuk Z., Domaradzki P., Florek M., Żółkiewski P.: Chemical composition, fatty acid profile, including health indices of intramuscular fat, and technological suitability of the meat of young bulls of three breeds included in a genetic resources conservation programme fattened within a low-input system. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2016, 34, 387-390.
- Litwińczuk Z., Domaradzki P., Grodzicki T., Litwińczuk A., Florek M.: The relationship of fatty acid composition and cholesterol content with intramuscular fat content and marbling in the meat of Polish Holstein-Friesian cattle from semi-intensive farming. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2015, 33, 119-128.
- Łozicki A., Dymnicka M., Arkuszewska E., Pustkowiak H.: Effect of pasture or maize silage feeding on the nutritional value of beef. *Ann. Anim. Sci.* 2012, 12, 81-93.
- Mann N.: Dietary lean red meat and human evolution. *Eur. J. Nutr.* 2000, 39, 71-79.
- Nuernberg K., Dannenberger D., Nuernberg G., Ender K., Voigt J., Scollan N. D., Wood J. D., Nute G. R., Richardson R. I.: Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest. Prod. Sci.* 2005, 94, 137-147.
- Pestana J. M., Costa A. S. H., Alfaia C. M., Costa P., Martins S. V., Alves S. P., Bessa R. J. B., Prates J. A. M.: Lipid composition and nutritional quality of intramuscular fat in Charneca-PDO beef. *Eur. Food Res. Technol.* 2012, 234, 187-196.
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-A-04018: 1975. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-EN ISO 12966-1:2015-01. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 1. Przewodnik do nowoczesnej chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza).
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego.
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-ISO 3496:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie zawartości hydroksyprowiny.
- Polski Komitet Normalizacyjny: PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. Załącznik XIII, Dz. Urz. L 304 z dn. 22.11.2011, s. 18.
- Santos-Silva J., Bessa R. J. B., Santos-Silva F.: Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livest. Prod. Sci.* 2002, 77, 187-194.
- Savell J. W., Cross H. R.: The role of fat in the palatability of beef, pork, and lamb, [w:] *Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace*. National Research Council, Washington, DC 1988, s. 345-355.
- Scollan N. D., Hocquette J. F., Nuernberg K., Dannenberger D., Richardson R. I., Moloney A.: Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 2006, 74, 17-33.
- Simopoulos A. P.: The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.* 2002, 56, 365-379.
- Tansawat R., Maughan C. A. J., Ward R. E., Martini S., Cornforth D. P.: Chemical characterisation of pasture- and grain-fed beef related to meat quality and flavour attributes. *Int. J. Food Sci. Tech.* 2013, 48, 484-495.
- Ulbricht T. L. V., Southgate D. A. T.: Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 1991, 338, 985-992.
- Warren H. E., Scollan N. D., Enser M., Hughes S. I., Richardson R. I., Wood J. D.: Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.* 2008, 78, 256-269.
- Węglarz A.: Quality of beef from Polish Holstein-Friesian bulls as related to weight at slaughter. *Ann. Anim. Sci.* 2010a, 10, 467-476.
- Węglarz A.: Quality of beef from semi-intensively fattened heifers and bulls. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2010b, 28, 207-218.
- WHO/FAO: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation, World Health Organization Technical Report Series 916. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation, World Health Organization Technical Report Series, Geneva 2003.
- Williams P.: Nutritional composition of red meat. *Nutr. Diet.* 2007, 64, 113-119.

Adres autora: dr hab. Piotr Domaradzki, prof. nadzw., ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: piotr.domaradzki@up.lublin.pl