

Streszczenie

Odpowiednie otluszczenie i profil kwasów tłuszczowych (PUFA/SFA>0,4; n-6/n-3<4) decydują o właściwościach prozdrowotnych i pożądanых cechach organoleptycznych i technologicznych mięsa wieprzowego. Najważniejszym czynnikiem wpływającym na otluszczenie i profil kwasów tłuszczowych u świń jest żywienie. Dotychczasowe badania miały na celu określenie wpływu różnych dodatków tłuszczowych (oleje roślinne, zwierzęce, CLA) podawanych w paszy na profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu podskórnym, a szczególnie w słoninie. Z punktu widzenia konsumentów ważniejszy jest jednak tłuszcz śródmięśniowy, którego zawartość, w zależności od mięśnia, wynosi 2-4%. Pomimo niewielkiego (około 13%) udziału tłuszczu śródmięśniowego w tłuszczu całkowitym jest on niezwykle ważny, ponieważ odpowiada za cechy smakowo-kulinarne mięsa.

W badaniach dotyczących otluszczenia mięśni z reguły badany jest jeden aspekt, zawartość tłuszczu śródmięśniowego lub/i profil kwasów tłuszczowych. Jednak oprócz różnic w składzie chemicznym, szczególnie w zawartości tłuszczu, mięśnie różnią się między sobą składem i poziomem różnicowania włókien, a także tempem wzrostu. Poznanie zależności między mikrostrukturą mięśni a różnymi parametrami związanymi z jakością mięsa (zawartość tłuszczu, profil kwasów tłuszczowych, kruchość, wodochłonność, pH i inne) może przyczynić się do rozwoju prac selekcyjnych, związanych z poprawą jakości mięsa.

W oparciu o dostępne wyniki badań, dotyczące poprawy jakości mięsa wieprzowego z punktu widzenia żywienia człowieka oraz przydatności technologicznej w pracy założono, że poprzez odpowiednio dobrany system żywienia można regulować tempo wzrostu świń w okresie ich intensywnego rozwoju, a tym samym wpływać na skład chemiczny ciała i jakość tłuszczu (zawartość kwasów tłuszczowych) w ciele tych zwierząt.

Celem pracy było określenie zmian w zawartości tłuszczu i profilu kwasów tłuszczowych w tuszy i tłuszczu śródmięśniowym oraz w mikrostrukturze mięśni o różnym typie metabolizmu: *longissimus lumborum* (LL), *biceps femoris* (BF) i *semitendinosus* (ST), po zakończeniu okresowego zmniejszonego pobrania energii i białka (paszy) lub samego białka (do około 65 kg mc.) oraz po zakończeniu żywienia zgodnego z ich zapotrzebowaniem do osiągnięcia m.c. 115 kg.

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach na 44 loszkach, mieszańcach rasy: wbp x belgijska landrace, w okresie wzrostu od 91 (40 kg m.c.) do 168 dnia życia (około 115 kg m.c.). Świnie utrzymywano indywidualnie w kojcach o powierzchni 2,6m², na podłodze bez ściółki, w warunkach termo-neutralnych. Zwierzęta grupy kontrolnej (K) żywiono mieszanką standardową, typu grower-G stosowaną w żywieniu rosnących świń (12,9 MJ EM i 8,3 g lizyny strawnej), systemem dawkowanym przez cały okres doświadczenia. Świnie z grup doświadczalnych, w okresie wzrostu regulowanego otrzymywały o 35% mniej energii i białka (mieszanki grower, grupa D i D_{ad}) lub o 35% mniej samego białka (grupa S) w porównaniu z kontrolnymi. Loszki grupy S karmiono paszą zawierającą 13,6 MJ EM i 5,7 g lizyny strawnej, co uzyskano przez „rozcieńczenie” mieszanki grower skrobią w proporcji 2:1. Mieszanka zawierająca skrobię zawierała (w 1 kg) mniej białka/lizyny niż mieszanka kontrolna, ale proporcje pomiędzy poszczególnymi aminokwasami były takie same jak w grupie K i wynosiły: 100:29:63:19 (lizyna:metionina:treonina:tryptofan). W okresie wzrostu regulowanego zwierzęta grupy S pobrały taką samą ilość energii jak zwierzęta grupy K, i taką samą ilość białka/lizyny jak zwierzęta grupy D. Od 119 do 168 dnia życia, świnie grup doświadczalnych żywiono tak samo jak świnie grupy K, systemem dawkowanym (grupa D i S) lub do woli (grupa D_{ad}).

Świnie ubito w rzeźni doświadczalnej Instytutu Fizjologii i Żywienia Zwierząt w 91 dniu życia (40 kg m.c.; zwierzęta „0”), po zakończonym okresie wzrostu regulowanego, tj. w

119 dniu życia (około 70 kg m.c.) oraz po zakończeniu żywienia zgodnego z zapotrzebowaniem, tj. w 168 dniu życia (około 115 kg m.c.). W tuszy i mięśniach *longissimus lumborum* (LL), *semitendinosus* (ST) i *biceps femoris* (BF), charakteryzujących się różnym tempem wzrostu, określono skład chemiczny, profil kwasów tłuszczowych oraz mikrostrukturę mięśni w 91, 119 i 168 dniu życia świń, a w całym okresie badań określono tempo wzrostu i otluszczenia mięśni. Przy opracowaniu wyników wykorzystano program STATGRAPHICS centurion (ver 15, 2005).

W prezentowanych badaniach świnię żywione paszą typu grower (pasza standardowa stosowana w żywieniu świń mięsnych) przez cały okres doświadczenia miały szybkie tempo wzrostu ($>1,0$ kg/dz) oraz właściwe przetłuszczenie śródmięśniowe, decydujące o cechach smakowo-kulinarnych mięsa.

Mięśnie tak żywionych zwierząt (grupa K) różniły się zawartością poszczególnych typów włókien mięśniowych. Na początku badań (91 dzień życia) w mięśniu *longissimus lumborum* udział włókien białych stanowił około 64%, włókien pośrednich 20% i włókien czerwonych 15%. Mięśnie *biceps femoris* i *semitendinosus* zawierały mniej włókien białych i czerwonych (średnio 56 i 10%, odpowiednio), a więcej pośrednich (średnio 34%) niż mięsień LL. Po zakończeniu badań (168 dzień życia), w mięśniu LL zwiększyła się zawartość włókien białych i pośrednich (o 5 i o 2%, odpowiednio), a zmniejszyła czerwonych (o 6%). W mięśniu BF odwrotnie zwiększyła się zawartość włókien czerwonych (o 9%), a zmniejszyła zawartość włókien pośrednich (o 2,5%) i białych (o 6%). W mięśniu ST zwiększyła się zawartość włókien białych (o 9%), natomiast zmniejszyła się zawartość włókien pośrednich (o 5%) i czerwonych (o 4%).

W ciągu całego okresu doświadczenia średnice włókien mięśnia LL były większe w porównaniu ze średnicą włókien pozostałych mięśni (BF i ST), chociaż różnice nie zostały potwierdzone statystycznie.

Przetłuszczenie śródmięśniowe było odpowiednie w mięśniach świń grupy kontrolnej w 119 dniu (1,7; 2,2 i 3,1%, odpowiednio LL, BF i ST), a w 168 dniu życia zawartość tłuszczu śródmięśniowego wzrosła do 2,3; 2,7 i 3,5%, odpowiednio w mięśniach LL, BF i ST. Wraz ze wzrostem świń we wszystkich mięśniach zwiększała się zawartość tłuszczu oraz kwasów z grupy SFA i MUFA, a zmniejsza się zawartość PUFA. Wszystkie parametry świadczące o właściwościach prozdrowotnych mięsa wieprzowego ulegają pogorszeniu, z wyjątkiem proporcji n-6/n-3. Podobne zmiany stwierdzono także w tuszy.

W prezentowanej pracy w okresie intensywnego wzrostu świń (od 40 do 70 kg m.c.), zmniejszono pobranie paszy (o 35%) lub samego białka (o 35%), a następnie zastosowano żywienie zgodne z zapotrzebowaniem pokarmowym (dawką lub do woli). Zmiany zachodzące w składzie chemicznym tuszy, stanowiącej tło dla badanych mięśni, były zgodne z oczekiwaniami.

W porównaniu ze zwierzętami grupy kontrolnej zmniejszone pobranie białka w okresie wzrostu regulowanego wpłynęło w mniejszym stopniu na zmniejszenie masy mięśni (LL o 9% i BF o 3%, ST o 2,7%) niż zmniejszone pobranie energii i białka (LL o 14%, BF o 4% i ST o 3%) ($P<0,05$). Na koniec okresu żywienia paszą standardową mięśnie świń grupy S (śr.7%) i D (LL o 8%, BF o 7% i ST o 5%) miały wciąż mniejszą ($P<0,05$) masę w porównaniu z mięśniami świń grupy kontrolnej. Natomiast świnię żywione do woli (D_{ad}), po wcześniejszym obniżonym pobraniu białka i energii, miały nieco większą masę (BF o 1% i ST o 6%) w porównaniu z mięśniami świń grupy kontrolnej, z wyjątkiem mięśnia LL, który nie w pełni odbudował masę (o 5% mniejszy) ($P<0,05$).

Zmniejszone pobranie energii i białka lub samego białka wpłynęło na tempo wzrostu badanych mięśni. Tempo wzrostu wszystkich mięśni w grupach świń otrzymujących okresowo mniej energii i białka lub samego białka było mniejsze (różnice NS) niż w grupie zwierząt żywionych zgodnie z zapotrzebowaniem w całym okresie wzrostu ($b=0,94; 0,98$;

0,99 vs 1,03 odpowiednio w grupach D, D_{ad}, S vs K). Należy podkreślić, że tempo wzrostu mięśnia *longissimus lumborum* (LL) było nieznacznie większe (różnice NS) niż mięśni *biceps femoris* (BF) i *semitendinosus* (ST) (odpowiednio b=1,00 vs 0,97 i 0,98).

W 119 dniu życia, po zmniejszonym pobraniu energii i białka lub samego białka, nie stwierdzono różnic między grupami w zawartości białka w mięśniach. Stwierdzono, że zmniejszone pobranie energii i białka zmniejszyło (średnio 1,91%), a samego białka zwiększyło (2,62%) zawartość tłuszczu w mięśniach w porównaniu z zawartością tłuszczu w mięśniach świń grupy kontrolnej (2,30%, $P<0,05$). Niezależnie od zastosowanego systemu żywienia zawartość tłuszczu śródmięśniowego była najmniejsza (średnio 1,7%), a zawartość białka największa (19,9%) w mięśniu LL. Mięśnie ST i BF były znacznie bardziej ($P<0,01$) otluszczone (średnio 2,73 i 2,42%, odpowiednio) i zawierały mniej ($P<0,01$) białka (18,5 %) niż mięśnie LL.

Po uboju zwierząt w 168 dniu życia, tj. po okresie żywienia paszą standardową wykazano, że mięśnie świń grupy S i D_{ad} zawierały więcej (średnio 3,4%, $P<0,05$), a mięśnie świń grupy D mniej (2,5%, $P<0,05$) tłuszczu niż mięśnie świń grupy K (2,8%). Stwierdzono również, że niezależnie od systemu żywienia mięsień LL zawierał nadal mniej ($P<0,05$) tłuszczu (średnio 2,5%) tłuszczu niż mięśnie szynki BF (średnio 3,2%) i ST (średnio 3,6%), przy czym jednocześnie w mięśniu LL było istotnie więcej (średnio 21,7%, $P<0,05$) białka ogólnego niż w mięśniach BF i ST (średnio 20%).

Badając zależność między zawartością tłuszczu w mięśniach a ich masą, wykazano, że niezależnie od żywienia tempo wzrostu zawartości tłuszczu śródmięśniowego było mniejsze ($P<0,05$) w mięśniach szynki (BF i ST) niż mięśniu LL (średnio b=0,47 vs 0,52, odpowiednio).

Mięśnie świń grupy D zawierały mniej włókien białych w porównaniu z grupą K (średnio 57 vs 60%, odpowiednio, $P<0,05$), natomiast mięśnie świń grupy S miały więcej włókien białych i mniej pośrednich niż z grupy K (średnio 63 i 23 vs 60 i 29%, odpowiednio, $P<0,05$). Nie stwierdzono wpływu żywienia w okresie wzrostu regulowanego na średnicę czerwonych i pośrednich włókien mięśniowych we wszystkich mięśniach. Zmniejszone pobranie energii i białka lub samego białka zmniejszyło średnicę włókien białych (57 i 54 vs 60%, odpowiednio, $P<0,05$).

Okresowe (od 91 do 119 dnia życia) zmniejszenie pobrania paszy (białka i energii) zmniejszyło otluszczenie mięśni, zwiększyło zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny PUFA (zwłaszcza linolowego i arachidonowego), co poprawiło proporcję PUFA/SFA i zmniejszyło ryzyko występowania chorób układu krążenia. Ponadto korzystne zmiany (szczególnie mniejsze otluszczenie charakterystyczne dla zwierząt młodszych) zachowały się do końca badań, tj. do 168 dnia życia (m.c. około 115 kg). Natomiast po podaniu paszy do woli, po okresowej mniejszej jej podaży, nie zostały zachowane korzystne zmiany w otluszczeniu i profilu kwasów tłuszczowych.

Okresowe zmniejszenie pobrania białka spowodowało zwiększenie otluszczenia mięśni, zawartości kwasów tłuszczowych z rodziny SFA, ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia oraz zmniejszyło proporcję PUFA/SFA. Większe otluszczenie, charakterystyczne dla świń starszych, zachowane zostało do końca badań.

Ciekawy i wart podkreślenia jest fakt, że mięśnie szynki, pomimo większego otluszczenia, mają korzystniejszy profil kwasów tłuszczowych niż mięsień LL. Powszechnie, uznawana zasada, że im więcej tłuszczu tym profil kwasów tłuszczowych jest mniej korzystny, zdaje się być słuszna w odniesieniu do zmian w otluszczeniu, a nie w stosunku do zawartości tłuszczu w mięśniach.

Przesunięcie szybszego tempa wzrostu świń na okres późniejszy (okresowa mniejsza podaż energii i białka lub samego białka) wpłynęło w większym stopniu na zawartość włókien białych niż czerwonych u świń okresowo pobierających mniej paszy. Zmniejszone

pobranie paszy lub samego białka nie zmieniło procentowej zawartości włókien czerwonych w 119 dniu życia świń.

Badając zależność między mikrostrukturą mięśni a zawartością w nich tłuszczu i profilem kwasów tłuszczowych wykazano ujemną zależność między kwasami z rodziny SFA a zawartością włókien o przewodzie metabolizmu oksydacyjnego (czerwone i pośrednie), natomiast dodatnią z zawartością włókien o przewodzie metabolizmu glikolitycznego (białe). Zależność między średnicą włókien mięśniowych a zawartością kwasów z rodziny SFA i MUFA była dodatnia, a z kwasami z rodziny PUFA ujemna. Nie wykazano zależności między mikrostrukturą mięśni, z wyjątkiem średnicy włókien białych, a ich otluszczeniem. Wykazano, że mikrostruktura mięśni w większym stopniu decyduje o profilu kwasów tłuszczowych niż o otluszczeniu mięśni.

Wyniki wskazują, że mięśnie o przewodzie metabolizmu glikolitycznego (o większej zawartości włókien białych) są bardziej podatne na żywieniową modyfikację profilu kwasów tłuszczowych.

Na podstawie uzyskanych wyników sformulowano następujące wnioski:

1. Żywieniowa regulacja wzrostu wpływa na otluszczenie, profil kwasów tłuszczowych tkanek oraz udział poszczególnych typów włókien mięśniowych.
2. Na otluszczenie i profil kwasów tłuszczowych mięśni wpływa korzystnie okresowe mniejsze pobranie energii i białka, a niekorzystnie okresowe mniejsze pobranie samego białka. Jednak zachowanie tych zmian zależy od żywienia w okresie późniejszym.
3. Wpływ żywieniowej regulacji wzrostu na cechy mięśnia zależy od typu mięśnia (tempo wzrostu, mikrostruktura, metabolizm). Mięśnie o przewodzie włókien o metabolizmie glikolitycznym mają szybsze tempo wzrostu i otluszczania oraz zawierają więcej kwasów tłuszczowych nasyconych i mają mniej korzystną proporcję kwasów wielonienasyconych do kwasów nasyconych niż mięśnie o przewodzie metabolizmu oksydacyjnego.
4. Wykazano ujemną zależność między kwasami z rodziny SFA a zawartością włókien o przewodzie metabolizmu oksydacyjnego (czerwone i pośrednie), natomiast dodatnią z zawartością włókien o przewodzie metabolizmu glikolitycznego (białe). Wykazano dodatnią zależność między średnicą włókien mięśniowych a zawartością kwasów z rodziny SFA i MUFA, a ujemną z kwasami z rodziny PUFA. Nie stwierdzono zależności między mikrostrukturą mięśni a zawartością tłuszczu śródmięśniowego.
5. Wydaje się być zasadne w dalszych badaniach przeprowadzenie uzupełniających analiz histochemicznych mięśni (np.: oznaczenie powierzchni poszczególnych typów włókien, kapilar itp.) w celu pogłębienia wiedzy dotyczącej zależności między ich mikrostrukturą a jakością prozdrowotną mięsa.
6. Celem dalszych badań powinno być scharakteryzowanie świni „modelowej” pod względem jakości konsumpcyjnej mięsa, tj. odpowiedniego otluszczania, profilu kwasów tłuszczowych i innych parametrów świadczących o jego właściwościach prozdrowotnych.