

ANNA PIOTROWSKA, KATARZYNA ŚWIĄDER,  
BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK, FRANCISZEK ŚWIDERSKI

## MOŻLIWOŚCI UZYSKANIA MIĘSA I PRZETWORÓW Z MIĘSA WIEPRZOWEGO O PODWYŻSZONEJ ZAWARTOŚCI WIELONIENASYCONYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH n-3

### Streszczenie

W pracy scharakteryzowano właściwości prozdrowotne wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 oraz dokonano oceny możliwości zwiększenia ich zawartości w mięsie wieprzowym i jego przetworach. Najczęstszym sposobem zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie wieprzowym jest stosowanie w paszach zwierząt dodatku siemienia lnianego, oleju lnianego, oleju rybnego, a także preparatów z alg morskich. W przetworach mięsnych cel ten można osiągnąć poprzez: 1) wykorzystanie mięsa tuczników karmionych paszami z dodatkiem składników będącymi źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, 2) zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybnym. Pożądane żywieniowo zwiększenie udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie i jego przetworach może jednak prowadzić do szeregu niekorzystnych zmian jakości sensorycznej i obniżenia trwałości otrzymanego wyrobu. Wynika to m.in. z podatności wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na procesy utleniania. Dlatego istotne znaczenie ma określenie optymalnego poziomu wzbogacenia, a także stosowanie przeciwutleniaczy, szczególnie naturalnych.

**Słowa kluczowe:** mięso wieprzowe, przetwory mięsne, kwas  $\alpha$ -linolenowy, kwas eikozapentaenowy (EPA), kwas dokozaheksaenowy (DHA)

### Wprowadzenie

Pod względem wartości odżywczej mięso wieprzowe zalicza się do bardzo cennych surowców spożywczych. Wynika to z wysokiej zawartości pełnowartościowego białka zwierzęcego, którego ilość, w zależności od elementu kulinarnego, waha się w granicach od 20 do 35 %. W diecie człowieka mięso dostarcza również istotnych ilości dobrze przyswajalnego żelaza, niezbędnego do syntezy hemoglobiny, a także

---

*Dr inż. A. Piotrowska, dr inż. K. Świąder, prof. dr hab. B. Waszkiewicz-Robak, prof. dr hab. F. Świderski, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-787 Warszawa*

innych składników mineralnych, takich jak: cynk, selen i miedź, wchodzących w skład wielu enzymów. Dodatkową cechą mięsa jest też istotna żywieniowo zawartość witamin z grupy B oraz witamin antyoksydacyjnych. Jest ono również cennym źródłem związków bioaktywnych dla organizmu człowieka. Należą do nich: tauryna, karnozyna, koenzym Q10 (ubichinon) kreatyna i in. Tauryna wykazuje m.in. działanie przeciwmiażdżycowe, obniżające napięcie mięśniowe, podnoszące sprawność umysłową i psychiczną. Karnozyna charakteryzuje się właściwościami przeciwutleniającymi, obniża toksyczność jonów metali poprzez działanie chelatujące. Koenzym Q10 wzmacnia system odpornościowy, wykazuje działanie przeciwutleniające, zapobiega wystąpieniu choroby wieńcowej [2, 3, 4, 33, 40]. Niestety wśród współczesnych konsumentów panuje negatywna opinia na temat spożycia mięsa wieprzowego i jego przetworów. Wynika to między innymi z faktu, że są one źródłem tłuszczu zwierzęcego o niekorzystnym profilu kwasów tłuszczowych. Badania naukowe wykazują istotną rolę spożycia tłuszczu jako czynnika wpływającego na rozwój chorób, takich jak: otyłość, choroby sercowo-naczyniowe i niektóre postaci nowotworów. W zapobieganiu ich wystąpienia oprócz poziomu tłuszczu w diecie, istotny jest jego skład, czyli wzajemne proporcje nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [19, 22, 40]. Badania nad rolą czynników dietetycznych w rozwoju chorób cywilizacyjnych skupiają uwagę naukowców w kierunku możliwości zwiększenia udziału w mięsie wieprzowym wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, a tym samym obniżenia niekorzystnego stosunku n-6 do n-3, który w diecie człowieka powinien wynosić 4 : 1. Wskaźnik ten jest szczególnie wysoki w mięsie uzyskanym od tuczników intensywnie karmionych koncentratami paszowymi z dużym udziałem ziaren zbóż i nasion roślin oleistych, będących bogatym źródłem kwasu linolowego (LA n-6). W zależności od rodzaju paszy stosowanej w żywieniu zwierząt, może on osiągać wartości od 7 : 1 do 23 : 1. Z uwagi na zdrowie człowieka bardzo pożądanym jest więc dodatek do paszy dla zwierząt składników będących źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 [6, 8, 21, 28, 31, 35, 36, 42, 43]. W produkcji przetworów mięsnych modyfikację profilu kwasów tłuszczowych można osiągnąć również poprzez bezpośrednie zastąpienie w recepturze produktu części tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybnym [1, 5, 23, 29, 38].

### **Znaczenie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 dla zdrowia człowieka**

Do grupy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 należą: kwas  $\alpha$ -linolenowy ALA (18:3), kwas eikozapentaenowy EPA (20:5) oraz kwas dokozaheksaenowy DHA (22 : 6). Kwas  $\alpha$ -linolenowy jest prekursorem długołańcuchowych kwasów tłuszczowych n-3. Jego odpowiednia podaż w diecie jest bardzo istotna. Jak wykazują badania, dietę typu zachodniego cechuje nadmierne spożycie kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 w stosunku do n-3. W tych warunkach biokonwersja kwasu

$\alpha$ -linolenowego do EPA i DHA może zostać całkowicie zahamowana, co powoduje negatywne konsekwencje zdrowotne. Dane z badań eksperymentalnych i epidemiologicznych wskazują na szereg korzyści zdrowotnych wynikających z odpowiedniego poziomu spożycia długołańcuchowych form wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. Wchodzą one w skład fosfolipidów błon komórkowych, wpływając na ich strukturę i przepuszczalność. EPA jest prekursorem wewnątrzustrojowej syntezy eikozanoidów – substancji hormonopodobnych o szerokim spektrum działania. Zbyt mała jego podaż w diecie powoduje nadmierną produkcję eikozanoidów z kwasu arachidonowego AA (20 : 4 n-6), które cechują się wysoką aktywnością biologiczną i produkowane w nadmiarze stymulują progresję zmian miażdżycowych i zakrzepowych, silne reakcje zapalne i alergiczne (szczególnie u osób wrażliwych) oraz proliferację komórek i rozrost nowotworowy (głównie w obrębie gruczołu sutkowego, jelita grubego i prostaty). Wykazano, że EPA przyjmowany z dietą zastępuje część AA w fosfolipidach błon komórkowych, stając się prekursorem syntezy eikozanoidów o działaniu przeciwwakrzepowym, przeciwzapalnym, hamującym karcinogenezę i nadmierną kurczliwość naczyń krwionośnych. Odpowiednia podaż długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w diecie zapewnia równowagę fizjologiczną ustroju i zapobiega rozwojowi szeregu schorzeń cywilizacyjnych. Wykazano, że wpływają one m.in. na hamowanie rozwoju schorzeń układu krążenia, zakrzepów naczyń, niektórych postaci nowotworów, reakcji zapalnych i alergicznych, obniżenie poziomu triacylogliceroli i podwyższenie korzystnej frakcji HDL cholesterolu w surowicy krwi [7, 10, 11, 15, 26, 32, 41]. DHA jest ważnym składnikiem strukturalnym wysoko aktywnej tkanki nerwowej, zwłaszcza kory mózgu i siatkówki oka. Stanowi do 60 % sumy kwasów tłuszczowych w fosfolipidach neuronów i odgrywa kluczową rolę w rozwoju układu nerwowego podczas życia płodowego i we wczesnym dzieciństwie, a także w jego prawidłowym funkcjonowaniu w wieku późniejszym [26]. Wg wyników badań epidemiologicznych przeprowadzonych w wielu krajach zmniejszenie spożycia długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 jest związane ze wzrostem częstości depresji i zaostrzeniem jej objawów [32]. Wskazano na związek pomiędzy spożyciem EPA i DHA a rozwojem zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD), dysleksją, dysgrafią i autyzmem [32, 37]. Spożycie odpowiedniej ilości DHA jest szczególnie ważne dla kobiet w okresie ciąży i karmienia. Związek ten jest niezbędny do prawidłowego rozwoju układu nerwowego płodu, zmniejsza również ryzyko przedwczesnego porodu i wystąpienia objawów depresji poporodowej [9, 32, 37]. Odpowiedni poziom spożycia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, zwłaszcza DHA, jest istotny również dla osób w podeszłym wieku. Wraz z wiekiem zmniejsza się bowiem aktywność  $\Delta$ 4-desaturazy, prowadząc do hamowania syntezy DHA i możliwości zaburzeń funkcjonowania układu nerwowego ludzi starszych [32].

Wobec roli jaką wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3 pełnią w prawidłowym rozwoju i funkcjonowaniu organizmu, w tym także w prewencji niezakaźnych chorób przewlekłych, szczególnego znaczenia nabiera ich odpowiednia podaż w diecie. Produkty spożywcze, w tym również mięso wieprzowe i jego przetwory o podwyższonym udziale n-3 PUFA i korzystnym stosunku n-6 do n-3, umożliwiają zwiększenie spożycia tych cennych substancji bioaktywnych bez radykalnych zmian nawyków żywieniowych.

### **Możliwości zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie wieprzowym**

Do najważniejszych czynników środowiskowych wpływających zarówno na zawartość tłuszczu w mięsie, jak i jego skład należy żywienie. Świnie są zwierzętami monogastrycznymi, dzięki czemu w większym stopniu niż u przeżuwaczy można na drodze żywieniowej modyfikować profil kwasów tłuszczowych w ich tkankach. W ostatnich latach trwają intensywne prace badawcze mające na celu określenie możliwości zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie wieprzowym, poprzez modyfikowanie składu pasz tuczniaków. W tym celu w żywieniu zwierząt stosuje się dodatek oleju lnianego, siemienia lnianego, oleju rybiego, a także preparatów alg morskich [6, 21, 28, 30, 31, 35, 36, 43]. W wielu pracach badawczych podjęto zagadnienia doboru odpowiedniego poziomu ich dodatku do pasz, tak aby modyfikacja diety nie wpływała negatywnie na dobrostan zwierząt, nie pogarszała cech sensorycznych i przydatności technologicznej mięsa. Zbyt wysoki poziom dodatku może przyczynić się do niekorzystnych zmian smaku i zapachu mięsa oraz konsystencji tłuszczu (nadmierna miękkość, mazistość), a także negatywnie wpływać na trwałość [12, 13, 14, 30, 42]. Zwiększenie udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w diecie zwierząt wymaga odpowiedniej ochrony przeciw procesom utleniania, poprzez stosowanie witamin antyoksydacyjnych np. witaminy E,  $\beta$ -karotenu, witaminy C.

Olej lniany i siemię lniane stanowią źródło kwasu  $\alpha$ -linolenowego – prekursora EPA i DHA. Wykazano, że zastosowanie ich dodatku do paszy zwierząt wpływa na zwiększenie zawartości ALA i EPA w otrzymanym mięsie. Dane dotyczące wpływu na poziom DHA są niejednoznaczne. W niektórych badaniach obserwowano zwiększenie poziomu kwasu dokozaheksaenowego [6, 18, 30], w innych zmiany te były statystycznie nieistotne [12, 13, 19, 21, 28, 31]. Różnice te mogą wynikać zarówno z odmiennego poziomu dodatku składnika wzbogacającego, jak i różnych pasz stosowanych w eksperymentach badawczych. Dodatek oleju lnianego bądź siemienia lnianego dostarcza organizmowi zwierząt kwasu  $\alpha$ -linolenowego – prekursora EPA i DHA. Przy wysokim poziomie w paszy wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-6 w stosunku do zawartości ALA, proces biokonwersji do EPA i DHA może zostać zahamowany,

w wyniku rywalizacji o enzymy cyklu elongacji i desaturacji [21, 24, 27]. Corino i wsp. [6] wykazali, że 5 % dodatek ekstrudowanego siemienia lnianego do diety tuczników zmniejszył w mięsie stosunek n-6 do n-3 od wartości 12 : 1 (grupa kontrolna) do poziomu 5 : 1. Modyfikacja składu paszy nie wpłynęła na zawartość tłuszczu w tuszy, masę uzyskanego schabu, a także pH i barwę mięsa. Stwierdzono natomiast istotny wpływ żywienia zwierząt na poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3: ALA, EPA i DHA w tłuszczu zarówno mięśnia najdłuższego grzbietu, jak i słoniny. W mięśniu najdłuższym grzbietu poziom ALA wzrósł trzykrotnie, EPA – czterokrotnie zaś DHA dwukrotnie w stosunku do grupy kontrolnej. W badaniach przechowalniczych wykazano, że modyfikacja profilu kwasów tłuszczowych nie wpłynęła na obniżenie stabilności oksydacyjnej mięsa. Korzystny wpływ dodatku siemienia lnianego do paszy zwierząt na profil kwasów tłuszczowych otrzymanego surowca wykazali również Juárez i wsp. [21]. W eksperymencie badawczym zastosowano 3 poziomy dodatki siemienia: 5, 10 i 15 % składu paszy oraz 3 okresy suplementacji: 4, 8 i 12 tygodni przed ubojem. Wykazano istotny wpływ zarówno poziomu, jak i czasu trwania suplementacji na zawartość ALA i EPA w tłuszczu słoniny, przy braku istotnego wpływu na poziom DHA. Niestety w doświadczeniu nie dokonano oceny jakości sensorycznej otrzymanej słoniny i jej stabilności oksydacyjnej. Huang i wsp. [18] w badaniach stosowali 10 % dodatek siemienia lnianego przez zróżnicowany okres, odpowiednio: 30, 60 i 90 dni przed ubojem. Analizując skład kwasów tłuszczowych podskórnej tkanki tłuszczowej i mięśnia *longissimus dorsi*, stwierdzono istotny wpływ modyfikacji diety i czasu trwania suplementacji na poziom ALA i EPA. Poziom DHA uległ istotnym zmianom jedynie w mięśniu *longissimus dorsi*. Wzrostowi poziomowi wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 towarzyszyło zmniejszenie zawartości kwasu arachidonowego (20 : 4 n-6). Szczegółowa analiza wyników wskazała, że zawartość ALA i EPA wzrastała liniowo wraz z wydłużaniem okresu dodatku siemienia lnianego. Zaobserwowano istotny wpływ modyfikacji diety i czasu jej trwania na stosunek n-6 do n-3. W podskórnej tkance tłuszczowej zmalał on od wartości 9,68 : 1 do 1,45 : 1, zaś w mięśniu *longissimus dorsi* od poziomu 13,92 : 1 do 2,36 : 1. Wg Huang i wsp. dodatek siemienia lnianego do diety zwierząt może istotnie zwiększyć zawartość w tuszy cennych żywieniowo wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Ich praktyczne wykorzystanie wymaga jednak dalszych badań, oceniających jakość sensoryczną i przydatność technologiczną otrzymanych surowców. Możliwość modyfikacji składu kwasów tłuszczowych mięsa, poprzez stosowanie w diecie zwierząt dodatku siemienia lnianego, wykazali również Guillevic i wsp. [12]. Modyfikacja diety zwierząt wpłynęła na zwiększenie udziału ALA i EPA w podskórnej tkance tłuszczowej i mięśniu *longissimus dorsi*, nie wywarła natomiast istotnego wpływu na poziom DHA. Wpływ dodatku oleju lnianego oraz rzepakowego na profil kwasów tłuszczowych uzyskanego mięsa był przedmiotem badań Pieszki [30]. Oleje dodawano do paszy tuczników

w ilości 3 % suchej masy dawki pokarmowej. W mięsie zwierząt suplementowanych olejem lnianym zaobserwowano istotne zwiększenie zawartości ALA, EPA i DHA w tkance tłuszczowej mięsa w stosunku do grupy tuczników otrzymujących analogiczny dodatek oleju słonecznikowego. Również suplementacja olejem rzepakowym korzystnie wpłynęła na zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie. Poziom ALA oraz EPA był co prawda dwukrotnie niższy w porównaniu z mięsem zwierząt otrzymujących w diecie olej lniany, jednak istotnie wyższy w odniesieniu do zwierząt suplementowanych olejem słonecznikowym. Stosunek n-6 do n-3 w uzyskanym mięsie wynosił odpowiednio 23 : 1 (olej słonecznikowy), 11,2 : 1 (olej rzepakowy), 5,2 : 1 (olej lniany). Modyfikacja profilu kwasów tłuszczowych mięsa wpłynęła jednak na zmniejszenie jego stabilności oksydacyjnej. Po przechowywaniu mięsa przez 180 dni w stanie zamrożenia stwierdzono istotne podwyższenie wartości TBARS w mięsie zwierząt otrzymujących w diecie olej lniany bądź rzepakowy w porównaniu z grupą suplementowaną olejem słonecznikowym. Wysoki (10 %) poziom dodatku oleju lnianego do paszy świń zastosowali w badaniach Realni i wsp. [31]. Modyfikacja diety zwierząt wywarła istotny wpływ na wzrost poziomu ALA, a także EPA oraz DHA w mięsie. Istotnym zmianom uległ również stosunek n-6 do n-3 – obniżył się on od wartości 10,2 : 1 (grupa kontrolna) do poziomu 0,87 : 1. Niestety badania nie obejmowały oceny jakości sensorycznej i trwałości otrzymanego mięsa. Można się spodziewać, że tak wysoki poziom dodatku oleju lnianego istotnie wpłynie zarówno na stabilność oksydacyjną, jak i jakość sensoryczną otrzymanego surowca mięsnego. Obawy te potwierdzają Nurenberg i wsp. [28]. Wykazali oni, że zastosowanie w paszy tuczników 5 % dodatku oleju lnianego, co prawda istotnie zwiększa zawartość ALA i EPA, obniżając stosunek n-6 do n-3, ale równocześnie negatywnie wpływa na jakość sensoryczną mięsa poddanego obróbce termicznej (grillowaniu). Lu i wsp. [24] badali wpływ 3 % dodatku oleju lnianego do paszy wieprzków na profil kwasów tłuszczowych mięśni: *longissimus dorsi* i *biceps brachii*. Wykazali istotny wpływ wzbogacenia diety na zawartość ALA w mięsie – poziom kwasu  $\alpha$ -linolenowego był istotnie wyższy w obu mięśniach zwierząt otrzymujących olej lniany. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu diety na zawartość EPA i DHA w żadnym z badanych mięśni. Autorzy upatrują wyjaśnienia tego faktu w składzie diety zwierząt doświadczalnych. Charakteryzowała się ona dużym udziałem kukurydzy i soi, których tłuszcz zawiera znaczne ilości kwasu linolowego (18 : 2 n-6). Jego duża zawartość w diecie wpływa negatywnie na wydajność zachodzącego w organizmie zwierząt procesu konwersji ALA do długołańcuchowych form, co wynika z rywalizacji pomiędzy kwasami tłuszczowymi z rodziny n-6 i n-3 o enzymy cyklu elongacji i desaturacji. Ważny jest więc nie tylko poziom dodatku oleju lnianego, ale również ogólny skład diety, ze szczególnym uwzględnieniem proporcji pomiędzy kwasem linolowym i  $\alpha$ -linolenowym. Badania obejmowały również ocenę wpływu suplementacji diety zwierząt olejem lnianym na



jakość sensoryczną mięsa poddanego obróbce termicznej (gotowaniu). W przypadku mięśnia *longissimus dorsi* w ocenie sensorycznej nie wykazano żadnych istotnych zmian. Zaobserwowano je natomiast w mięśni *biceps brachii* – stwierdzono istotnie niższe natężenie smaku charakterystycznego dla mięsa wieprzowego, wyższe zaś zapachu i smaku obcego, co autorzy tłumaczą nieco większą koncentracją kwasu  $\alpha$ -linolenowego w mięśni *biceps brachii* w porównaniu z *longissimus dorsi*. Wyniki te wskazują, że wzbogacenie diety zwierząt olejem lnianym może w zróżnicowany sposób oddziaływać na jakość sensoryczną mięsa, w zależności z jakiej części tuszy ono pochodzi. Przedmiotem badań Haak i wsp. [13] był zarówno olej lniany, jak i rybny, poziom ich dodatku wynosił 1,2 % składu paszy. Dodatek do paszy oleju lnianego spowodował istotne zwiększenie zarówno ALA, jak i EPA oraz DHA w porównaniu z próbą kontrolną. Jednak w stosunku do zwierząt otrzymujących w diecie olej rybny, poziom EPA był trzykrotnie niższy, zaś DHA sześciokrotnie. Różnice te wynikają z faktu, że olej rybny jest zdecydowanie lepszym źródłem długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w porównaniu z olejem lnianym, który dostarcza ALA, prekursora EPA i DHA. Zastosowanie obu rodzajów olejów w istotny sposób wpłynęło na obniżenie stosunku n-6 do n-3 – w próbie kontrolnej wynosił on 11 : 0, w mięśni zwierząt otrzymujących olej lniany 5,23 : 0, natomiast żywionych dietą z dodatkiem oleju rybnego 3,03 : 1. Zarówno w przypadku oleju rybnego, jak i lnianego, ich dodatek do diety zwierząt na poziomie 1,2 % nie wpłynął na barwę, pH, wyciek i stabilność oksydacyjną otrzymanego mięsa. W badaniach Hallenstvedt i wsp. [14] dodatek oleju rybnego do paszy tuczników wynosił: 0,3; 0,5 i 0,7 %. Stwierdzono istotny związek pomiędzy poziomem dodatku oleju a zawartością EPA i DHA w otrzymanym mięsie. W mięsie zwierząt suplementowanych 0,7 % dodatkiem oleju rybnego zawartość tych kwasów była największa i kształtowała się na poziomie 0,38 % ogólnego składu kwasów tłuszczowych w przypadku EPA i 0,36 % DHA, podczas gdy w próbie kontrolnej wynosiła ona odpowiednio 0,08 i 0,11 %. Zaobserwowano istotne obniżenie stosunku n : 6 do n : 3. Wynosił on w próbie kontrolnej 9,88 : 1, przy suplementacji na poziomie 0,3 % – 6,97 : 1, 0,5 % – 5,78 : 1 i 0,7 % – 4,82 : 1. Nie stwierdzono istotnego wpływu modyfikacji diety zwierząt na barwę, wyciek i jakość sensoryczną otrzymanego mięsa. Dopiero po 18 miesiącach przechowywania w stanie zamrożenia, w elementach tuszy zwierząt suplementowanych największym dodatkiem oleju rybnego (0,7 %), zaobserwowano pojawienie się niekorzystnych zmian dotyczących między innymi pojawienia się zapachu i smaku rybiego oraz metalicznego.

W literaturze dostępne są również badania dotyczące wpływu zastosowania w żywieniu trzody chlewnej preparatów alg morskich na zmiany profilu kwasów tłuszczowych otrzymanego mięsa. Sardi i wsp. [35] badali wpływ dodatku sproszkowanego preparatu alg morskich, będącego skoncentrowanym źródłem kwasu dokozaheksaeno-

wego, na profil kwasów tłuszczowych mięśnia najdłuższego grzbietu oraz podskórnej tkanki tłuszczowej. W badaniach uwzględniono dwa poziomy dodatki preparatu (2,5 i 5 %) oraz różne okresy trwania suplementacji (4 i 8 tygodni przed ubojem). Zawartość DHA w obu częściach tuszy zwierząt otrzymujących dodatek sproszkowanego preparatu alg morskich była istotnie większa w porównaniu ze zwierzętami na diecie kontrolnej. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ zarówno czasu, jak i poziomu suplementacji. Modyfikacja diety nie wpłynęła negatywnie zarówno na przyrosty masy ciała zwierząt w okresie tuczu, jak i na barwę i pH mięsa po uboju.

### **Możliwości zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w przetworach mięsnych**

Zwiększenie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w przetworach mięsnych można osiągnąć zarówno wykorzystując mięso tuczników karmionych paszami z dodatkiem składników będącymi ich źródłem [16, 17, 34, 36], jak i poprzez bezpośrednie zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybny [1, 5, 20, 23, 29, 38]. Badania wykazały możliwość wykorzystania surowca mięsnego i tłuszczowego o zwiększonej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 do produkcji salchichonu – hiszpańskiej kielbasy surowej dojrzewającej [17], schabu peklowanego na sucho [16] oraz szynki surowych dojrzewających [34]. Surowiec wykorzystywany w procesie produkcji tych wyrobów uzyskano od tuczników suplementowanych 3 % dodatkiem oleju lnianego oraz dwoma poziomami octanu  $\alpha$ -tokoferolu – 20 mg/kg diety oraz 200 mg/kg diety. Grupę kontrolną stanowiły wyroby uzyskane z tusz świń suplementowanych 3 % dodatkiem oleju słonecznikowego. W przypadku salchichonu poziom kwasu  $\alpha$ -linolenowego wzrósł ośmiokrotnie, a eikozapentaenowego – dwukrotnie w porównaniu z kielbasą kontrolną. Wpłynęło to na istotne obniżenie stosunku n-6 do n-3, który kształtował się na poziomie odpowiednio 12 : 1 i 1,8 : 1. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju mięsa użytego do produkcji salchichonu na cechy tekstury kielbas, oceniane zarówno metodami sensorycznymi, jak i instrumentalnymi. Wykazano natomiast wpływ na stabilność oksydacyjną otrzymanych wyrobów. Wskazują na to wartości wskaźnika TBARS oznaczone w próbkach kielbas bezpośrednio po wyprodukowaniu, a także po 1 i 4 miesiącach przechowywania w opakowaniach próżniowych. Kielbasy otrzymane z mięsa zwierząt suplementowanych olejem lnianym i niższym poziomem  $\alpha$ -tokoferolu już bezpośrednio po wyprodukowaniu cechowały się wysoką wartością TBARS, istotnie wyższą w porównaniu z pozostałymi grupami kielbas, co wskazuje na zaawansowanie zmian oksydacyjnych. Potwierdzono to także w ocenie sensorycznej. Wykazano istotnie niższą jakość sensoryczną omawianych kielbas, związaną z wyczuwalnością smaku jęłkiego i obcego. Kielbasy uzyskane z mięsa świń suplementowanych olejem lnianym i dziesięciokrotnie większą ilością  $\alpha$ -tokoferolu



przez cały okres przechowywania cechowały się wysoką jakością sensoryczną i stabilnością oksydacyjną [17]. Podobne wyniki uzyskano również w badaniach peklowanego schabu [16] i szynki surowej dojrzewającej [34]. Schaby z tusz zwierząt otrzymujących w diecie dodatek oleju lnianego cechowały się osiem razy większym, w stosunku do próby kontrolnej, poziomem kwasu  $\alpha$ -linolenowego ALA, o 80 % większą zawartością kwasu eikozapentaenowego i równocześnie około 20 % mniejszą ilością kwasu linolowego LA. Stosunek n-6 do n-3 wynosił 2 : 1. Jednak w grupie peklowanych schabów pochodzących od zwierząt suplementowanych niskim poziomem  $\alpha$ -tokoferolu zaobserwowano istotne podwyższenie wartości TBARS i niekorzystne zmiany jakości sensorycznej (odczucie smaku i zapachu jełkiego, obcego). Niekorzystnych zmian nie zaobserwowano w schabach uzyskanych z tusz zwierząt suplementowanych wyższym poziomem  $\alpha$ -tokoferolu [16]. W szynkach surowych dojrzewających wykazano siedmiokrotny wzrost poziomu kwasu  $\alpha$ -linolenowego, około trzykrotny kwasu eikozapentaenowego i o około 20 % mniejszą zawartość kwasu linolowego, co spowodowało obniżenie stosunku n-6 do n-3 do wartości 2 : 1. Podobnie, jak w poprzednich omawianych wyrobach, wysoką jakością sensoryczną i stabilnością oksydacyjną cechowały się jedynie szynki wyprodukowane z mięsa tuczników suplementowanych większym poziomem  $\alpha$ -tokoferolu [34]. Sárraga i wsp. [36] badali możliwość wyprodukowania szynki gotowanej oraz łopatki peklowanej na sucho z mięsa zwierząt suplementowanych dodatkiem preparatu z alg morskich. W przypadku łopatki poziom DHA zwiększył się o 87 % w stosunku do próby kontrolnej, a w przypadku szynki surowej o 82 %. Zaobserwowano również istotny wzrost zawartości EPA w obu częściach kulinarnych. Tym korzystnym żywieniowo zmianom nie towarzyszyło obniżenie jakości sensorycznej szynki. Zmiany takie zaobserwowano natomiast w peklowanej łopatce. Zwiększony udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 spowodował zmniejszenie natężenia smaku charakterystycznego dla produktów peklowanych, wzrost intensywności smaku słonego i pojawienie się posmaku rybiego, co wpłynęło na obniżenie ogólnej jakości mięsa. Zaobserwowano również zmianę barwy peklowanej łopatki wzbogaconej w EPA i DHA.

Drugim sposobem zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w przetworach mięsnych jest bezpośrednie zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym (np. rzepakowym, lnianym, z alg morskich) lub rybnym [1, 5, 23, 29, 38]. Oleje te mogą być wprowadzane do receptury przetworów mięsnych bezpośrednio (w formie oleju), w postaci wodnej emulsji z białkiem, a także w postaci mikrokapsułek. Zamknięcie oleju wewnątrz kapsułki chroni przed dostępem tlenu i zmniejsza tempo niekorzystnych zmian oksydacyjnych [19]. W ostatnich latach prowadzono wiele badań nad wpływem modyfikacji profilu kwasów tłuszczowych przetworów mięsnych na ich skład chemiczny, barwę, jakość sensoryczną, stabilność oksydacyjną i wartość prozdrowotną. Pelsler i wsp.

[29] badali możliwości zwiększenia udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w kielbasach fermentowanych średnio rozdrobnionych. Wykazali, że zastąpienie tłuszczu zwierzęcego olejem rzepakowym w ilości 10, 15 i 20 % korzystnie wpływa na profil kwasów tłuszczowych otrzymanych wyrobów. Zaobserwowali obniżenie stosunku n-6 do n-3 od wartości 11,2 : 1 do wartości (6,94 : 1) - (5,12 : 1) (w zależności od poziomu dodawanego oleju). Nie stwierdzili negatywnego wpływu na stabilność oksydacyjną kielbas, co może wynikać ze stosunkowo wysokiej zawartości  $\alpha$ -tokoferolu w oleju rzepakowym (1200 mg/kg). Jakość sensoryczna badanych kielbas nie różniła się istotnie od wyrobów kontrolnych. Wykazano również możliwość zwiększenia zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w tradycyjnej hiszpańskiej kielbasie dojrzewającej Chorizo Pamplona, poprzez częściowe zastąpienie słoniny wieprzowej olejem rybnym [39] lub olejem z alg [38]. W celu ochrony przed procesami utleniania w obu wyrobach zastosowano dodatek BHA i BHT. Zastąpienie 25 % słoniny dodatkiem wodnej emulsji oleju rybnego z białkiem pozwoliło uzyskać produkt o wysokiej jakości sensorycznej i stabilności oksydacyjnej. Stwierdzono jaśniejszą barwę wyrobów z olejem lnianym, różnice te jednak nie były dostrzegalne w analizie sensorycznej. Modyfikacja składu surowcowego kielbasy w istotny sposób wpłynęła na profil kwasów tłuszczowych – zawartość EPA zwiększyła się do wartości 0,64 g/100 g, a DHA do 0,46 g/100 g produktu. Stosunek n-6/n-3 zmalał od wartości 13,86 : 1 do 2,97 : 1 [39]. W przypadku oleju z alg morskich jakość sensoryczna kielbas z 25 % dodatkiem wodnej emulsji oleju z alg była niska. Maksymalny dodatek emulsji, nie obniżający jakości sensorycznej wyrobu, wyniósł 15 %. Przy takim poziomie substytucji zawartość DHA w produkcie kształtowała się na poziomie 1,30 g/100 g, a stosunek n-6 do n-3 zmalał od wartości 9,41 : 1 do poziomu 2,62 : 1. Pomimo dużej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych nie stwierdzono zmian oksydacyjnych w wędlinach bezpośrednio po procesie dojrzewania ani w przechowywanych przez 90 dni w opakowaniach próżniowych. Zmiany takie wykryto natomiast w wyrobach przechowywanych w opakowaniach umożliwiających dostęp tlenu [38]. Możliwość zastosowania oleju z alg w produkcji przetworów mięsnych o zwiększonym udziale DHA wykazali także Lee i wsp. [23]. Zawartość EPA i DHA w uzyskanych kielbaskach wieprzowych wynosiła 430 - 450 mg/110 g produktu. Wyroby zawierające dodatek przeciwutleniaczy charakteryzowały się wysoką jakością sensoryczną i stabilnością oksydacyjną. Natomiast w grupie kielbas niezawierających przeciwutleniaczy tempo zmian oksydacyjnych w czasie przechowywania było wysokie. Caceres i wsp. [5] wykazali możliwość wykorzystania oleju z ryb w produkcji mortadeli zarówno tradycyjnej, jak i o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Dodatek preparatu olejowego na poziomie 6 % nie wpłynął negatywnie na jakość sensoryczną i trwałość otrzymanego wyrobu, natomiast istotnie zwiększył zawartość długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. Zawartość EPA wynosiła 66 mg/100 g,

a DHA 40 mg/100 g produktu. Wskaźnik n-6 do n-3 obniżył się od wartości 9,29 : 1 do 2,54 : 1, a w mortadeli o zmniejszonej zawartości tłuszczu od poziomu 8,46 : 1 do 1,79 : 1.

Makała i Kern-Jędrychowski [25] wykorzystali olej rybny i lniany w produkcji konserw oraz parówek. Zastosowali dodatek oleju rybnego na poziomie 0,6 % w stosunku do masy produktu, a lnianego w ilości 1,2 %. Nie stwierdzili istotnego wpływu modyfikacji składu surowcowego na wyróżniki tekstury oraz profil sensoryczny uzyskanych wyrobów. Ansorena i Astiasaran [1] wykazali możliwość zastąpienia 25 % słoniny wieprzowej w recepturze hiszpańskiej kiełbasy dojrzewającej wodną emulsją oleju lnianego i białek. Stosunek n-6 do n-3 zmniejszył się z 14 : 1 w produktach kontrolnych do około 2 : 1 w wyrobach z dodatkiem oleju. Po procesie dojrzewania kiełbasy cechowały się porównywalną jakością sensoryczną, nie stwierdzono zmian oksydacyjnych.

Wg omówionych wyników badań, zarówno zastosowanie surowców mięsnych o zwiększonej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, jak i bezpośrednie zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybnym, pozwala uzyskać przetwory o zwiększonej zawartości ALA, EPA i DHA oraz o korzystnym stosunku n-6 do n-3. Należy jednak pamiętać, że równocześnie zwiększa się podatność otrzymanych wyrobów na procesy oksydacyjne. Uzyskanie przetworów mięsnych wzbogaconych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3, charakteryzujących się wysoką jakością sensoryczną i trwałością, wymaga stosowania odpowiedniego poziomu dodatku przeciwutleniaczy. Jest to bardzo istotne, ponieważ etapy procesu produkcyjnego, takie jak: mielenie surowca (zwiększające powierzchnię kontaktu z tlenem), gotowanie, suszenie czy dojrzewanie sprzyjają procesom oksydacyjnym. Należy też odpowiednio dobrać rodzaj opakowania, w którym przechowywany jest produkt.

### **Podsumowanie**

Możliwe jest zwiększenie poziomu wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie wieprzowym i znaczne zmniejszenie niekorzystnego stosunku n-6 do n-3. Zastosowanie w diecie zwierząt dodatku preparatów z alg morskich zwiększa poziom DHA w mięsie, dodatek oleju rybnego zwiększa zawartość zarówno EPA, jak i DHA, natomiast zastosowanie siemienia lnianego bądź oleju lnianego wpływa na zwiększenie udziału ALA i EPA i może podwyższać poziom DHA. Ustalenie zależności pomiędzy zastosowaną dawką dodatku składnika wzbogacającego do paszy a zmianami profilu kwasów tłuszczowych jest bardzo trudne. Uzyskany rezultat zależy bowiem od wielu czynników, wśród których można wymienić: skład paszy, czas trwania suplementacji, rozpatrywany element kulinarny czy rasę zwierzęcia

Modyfikowanie składu kwasów tłuszczowych w kierunku zwiększenia w nich udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych może niekorzystnie wpływać na jakość sensoryczną, stabilność oksydacyjną i przydatność technologiczną mięsa wieprzowego. Dlatego badania dotyczące możliwości zwiększenia udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w mięsie tuczników powinny obejmować zarówno ocenę wartości odżywczej, jakości sensorycznej, trwałości, jak i przydatności technologicznej otrzymanego surowca.

Zwiększenie zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w przetworach mięsnych można osiągnąć zarówno wykorzystując mięso tuczników karmionych paszami z dodatkiem składników będącymi ich źródłem, jak i poprzez bezpośrednie zastąpienie części dodawanego w procesie produkcji tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym lub rybny.

Ze względu na wysoką podatność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na procesy utleniania, modyfikując dietę zwierząt lub skład surowcowy przetworów mięsnych należy uwzględnić odpowiedni dodatek przeciwutleniaczy, najlepiej naturalnych.

Wobec dobrze udokumentowanych w literaturze właściwości prozdrowotnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 mięso wieprzowe i przetwory mięsne o zwiększonej ich zawartości można uznać za przykład żywności funkcjonalnej.

*Artykuł przygotowano w ramach realizacji projektu badawczego "BIOŻYWNOŚĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego" nr POIG.01.01.02-014-090/09 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 - 2013.*



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Literatura

- [1] Ansorena D., Astiasaran I.: The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chem.*, 2004, **1** (87), 69-74.
- [2] Arihara K.: Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.*, 2006, **1** (74), 219-229.
- [3] Bhat Z.E., Bhat H.: Functional meat products: a review. *Int. J. Meat Sci.*, 2011, **1** (1), 1-14.
- [4] Biesalski H.: Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci.*, 2005, **3** (70), 509-524.

- [5] Caceres E., Garcia M.L., Selgas M.D.: Effect of pre-emulsified fish oil – as source of PUFA n-3 – on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Sci.*, 2008, **2 (80)**, 183-193.
- [6] Corino C., Musella M., Mourot J.: Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of slaughtered pigs at one hundred ten and one hundred sixty kilograms of live weight. *J. Anim. Sci.*, 2008, **8 (86)**, 1850-1860.
- [7] DeFilippis A.P., Sperling L.S.: Understanding omega-3's. *Am. Heart J.*, 2006, **3 (151)**, 564-570.
- [8] Fernandez-Gines J. M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera E., Perez-Alvares J.A.: Meat products as functional foods: A review. *J. Food Sci.*, 2005, **2 (70)**, 37-43.
- [9] Fracchinetti F., Fazzio M., Venturini P.: Polyunsaturated fatty acids and risk of preterm delivery. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, 2005, **1 (9)**, 41-48.
- [10] Gebauer S.K., Psota T.L., Harris W.S., Kris-Etherton P.M.: n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, **6 (83)**, 1526S-1535S.
- [11] Givens D.I., Kliem K.E., Gibbs R.A.: The role of meat as a source of n - 3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci.*, 2006, **1 (74)**, 209-218.
- [12] Guillevic M, Kouba M., Mourot J.: Effect of a linseed diet or a sunflower diet on performances, fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and stearoyl-CoA-desaturase activity in the pig. *Livestock Science*, 2009, **1-3 (124)**, 288-294.
- [13] Haak L., De Smet. S., Fremaut D., Van Wallegghem K., Raes K.: Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation. *J. Anim. Sci.*, 2008, **6 (86)**, 1418-1425.
- [14] Hallensvedt E., Kjos N.P., Rehnberg A.C, Overland M., Thomassen M.: Fish oil in feeds for entire male and female pigs: Changes in muscle fatty acid composition and stability of sensory quality. *Meat Sci.*, 2010, **1 (85)**, 182-190.
- [15] Harris W.: Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: A case for omega-3 Index as a New Risk Factor. *Pharmacol. Res.*, 2007, **3 (55)**, 217-223.
- [16] Hoz L., Cambero I., Santos C., Herranz B., Ordo'n J.A.: Fatty acids and sensory characteristics of Spanish dry-cured loin enriched in acid  $\alpha$ -linolenic and  $\alpha$ -tocopherol. *Food Chem.*, 2007, **4 (101)**, 1701-1706.
- [17] Hoz L., D'Arrigo M., Cambero I., Ordonez J.A.: Development of an n-3 fatty acid and a-tocopherol enriched dry fermented sausage. *Meat Sci.*, 2004, **3 (67)**, 485-495.
- [18] Huang F.R., Zhan Z.P., Luo J., Liu Z.X, Peng. J.: Duration of dietary linseed feeding affects the intramuscular fat, muscle mass and fatty acid composition in pig muscle. *Livestock Science*, 2008, **1-2 (118)**, 132-139.
- [19] Jimenez-Colmenero F.: Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Sci. Tech.*, 2007, **11 (18)**, 567-578.
- [20] Jimenez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S.: Healthier meat and meat products: their role as functional foods. A review. *Meat Sci.*, 2001, **(1) 59**, 5-13.
- [21] Juárez M., Dugan M.E.R., Aldai N., Aalhus J.L., Patience J.F., Zijlstra R.T., Beaulieu A.D.: Feeding co-extruded flaxseed to pigs: Effects of duration and feeding level on growth performance and back-fat fatty acid composition of grower–finisher pigs. *Meat Sci.*, 2010, **3 (84)**, 578-584.
- [22] Konieczny P., Górecka D.: Mięso w żywieniu człowieka, aktualne kierunki w produkcji wyrobów mięsnych. *Przem. Spoż.*, 2011, **(3) 65**, 28-31.
- [23] Lee S., Faustman C., Djordjevic D., Faraji H., Decker E.A.: Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. *Meat Sci.*, 2006, **1 (72)**, 18-24.

- [24] Lu P., Zhang L.Y., Yin J.D., Everts A.K.R., Li D.F.: Effects of soybean oil and linseed oil on fatty acid compositions of muscle lipids and cooked pork flavour. *Meat Sci.*, 2008, **3 (80)**, 910-918.
- [25] Makala H., Kern-Jędrychowski J.: Rola surowca tłuszczowego w modelowych przetworach mięsnych w kształtowaniu tekstury i jakości sensorycznej. *Rocz.i Inst. Przem. Mięś. i Tłuszcz.*, 2002, **(XLV)**, 95-105.
- [26] McCann J.C., Ames B.N.: Is docosahexaenoic acid, an n-3 long chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2005, **2 (82)**, 281-295.
- [27] Mitthaichai J., Yuangklang C., Wittayakun S., Vasupen K., Wongsuthavass S., Srenanul P., Hovenier R., Everts H., Beynen A.C.: Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Sci.*, 2007, **1 (76)**, 95-101.
- [28] Nuernberg K., Fischer K., Nuernberg G., Kuechenmeister U.: Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Sci.*, 2005, **1 (70)**, 63-74.
- [29] Pelsers W.M., Linssen J.P.H., Legger A., Houben J.H.: Lipids oxidation in n 3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. *Meat Sci.*, 2007, **1 (75)**, 1-11.
- [30] Pieszka M.: Effect of vegetable oil supplementation in pig diets on lipid oxidation and formation of oxidized forms of cholesterol in meat. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **4 (57)**, 509-506.
- [31] Realini C.E., Duran-Montgé P., Lizardo R., Gispert M., Oliver M.A., Esteve-Garcia E.: Effect of source of dietary fat on pig performance, carcass characteristics and carcass fat content, distribution and fatty acid composition. *Meat Sci.*, 2010, **4 (85)**, 606-612.
- [32] Ruxton C.H.S., Reed S.C., Simpson J.A., Millington K.J.: The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *J. Hum. Nutr. Diet.*, 2007, **3 (20)**, s. 275-285.
- [33] Sadowska A., Świderski F.: Związki bioaktywne w mięsie. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 2010, **1 (20/36)**, 70-74.
- [34] Santos C., Hoz L., Cambero M.I., Cabeza M.C., Ordóñez J.A.: Enrichment of dry-cured ham with  $\alpha$ -linolenic acid and  $\alpha$ -tocopherol by the use of linseed oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate in pig diets. *Meat Sci.*, 2008, **3 (80)**, 668-674.
- [35] Sardi L., Martelli G., Lambertini L., Parisini P., Mordenti A.: Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. *Livestock Science*, 2006, **1-2 (103)**, 95-103.
- [36] Sárraga C., Guàrdia M.D., Díaz I., Guerrero L., García Regueiro J.A., Arnau J.: Nutritional and sensory quality of porcine raw meat, cooked ham and dry-cured shoulder as affected by dietary enrichment with docosahexaenoic acid (DHA) and  $\alpha$ -tocopheryl acetate. *Meat Sci.*, 2007, **2 (76)**, 377-384.
- [37] Singh M.: Essential fatty acids, DHA and human brain. *Indian Journal of Pediatrics*, 2005, **3 (72)**, 239-242.
- [38] Valencia I., Ansorena D., Astiasaran I.: Development of dry fermented sausages rich in docosahexaenoic acid with oil from the microalgae *Schizochytrium* sp.: Influence on nutritional properties, sensorial quality and oxidation stability. *Food Chem.*, 2007, **3 (104)**, 1087-1096.
- [39] Valencia, I., Ansorena, D., Astiasara'n, I.: Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with n-3 PUFAs. *Meat Sci.*, 2006, **4 (72)**, 727-733.
- [40] Valsta L.M., Tapanainen H., Männistö S.: Meat fats in nutrition. *Meat Sci.*, 2005, **3 (70)**, 525-530.
- [41] Webb E.C., O'Neill H.A.: The animal fat paradox and meat quality. *Review. Meat Sci.*, 2008, **1 (80)**, 28-36.
- [42] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M.: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 2008, **4 (78)**, 343-358.



- [43] Woods V.B., Fearon A.M., Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 2009, **1-3 (126)**, 1-20.

### POSSIBILITIES TO PRODUCE PORK MEAT AND PORK MEAT PRODUCTS WITH INCREASED CONTENT OF N-3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS

#### S u m m a r y

In the paper, the health benefits of polyunsaturated fatty acids from the n-3 family were characterized and the possibilities were evaluated to increase their level in pork meat and meat products. The most frequent method used to increase the content of n-3 polyunsaturated fatty acids in pork meat is to supplement animal feed with linseed, linseed oil, fish oil, as well as algae preparations. As for meat products, this target can be achieved through: 1) the application of meat from pigs fed feed supplemented with components that are the source of n-3 PUFA; 2) replacing some quantity of animal fat, added during the production process, with vegetable or fish oil. However, the increased content of n-3 polyunsaturated fatty acids in pork meat and meat products, considered advantageous from a nutritional point of view, can lead to numbers of disadvantageous changes in the sensory quality and stability of a product. Among other things, this results from the susceptibility of polyunsaturated fatty acids to oxidation processes. Therefore, it is essentially significant to determine the optimal level of enrichment, as well as the application of antioxidants, particularly the natural ones.

**Key words:** pork meat, meat products,  $\alpha$ -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) 