

# OCENA MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA ZAWARTOŚCI SPRZĘŻONYCH DIENÓW KWASU LINOLOWEGO (CLA) W MIĘSIE I PRZETWORACH MIĘSNYCH

## EVALUATION OF THE POSSIBILITIES TO INCREASE THE CONTENT OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) IN MEAT AND MEAT PRODUCT

*Anna Piotrowska, Katarzyna Świąder, Bożena Waszkiewicz-Robak, Franciszek Świdorski*

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Słowa kluczowe:** *sprzężone dieny kwasu linolowego (CLA), mięso wieprzowe, przetwory mięsne*

**Key words:** *conjugated linoleic acid (CLA), pork meat, meat products*

### STRESZCZENIE

Scharakteryzowano właściwości prozdrowotne sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA) oraz dokonano oceny możliwości zwiększenia ich zawartości w mięsie wieprzowym i jego przetworach. Badania z udziałem zwierząt laboratoryjnych wskazują na przeciwnowotworowe, przeciwmiażdżycowe i przeciwzapalne działanie CLA, sugerują także wpływ na redukcję tkanki tłuszczowej oraz zwiększenie przyrostu masy mięśniowej. Jednak liczba obserwacji u ludzi jest niewystarczająca aby móc w pełni ocenić związek pomiędzy spożyciem CLA a zmniejszeniem ryzyka chorób cywilizacyjnych, dlatego konieczne jest prowadzenie dalszych badań. Dane literaturowe wskazują, że zastosowanie w żywieniu trzody chlewnej dodatku preparatów CLA, pozwala zwiększyć udział tej grupy związków w uzyskanym surowcu, przy czym istotnie wyższą akumulację stwierdza się dla izomeru *cis-9, trans-11*. Zmianom tym towarzyszy jednak niekorzystne z punktu widzenia zdrowia człowieka zwiększenie udziału kwasów nasyconych kosztem kwasów jednonienasyconych. W produkcji przetworów mięsnych lepszym sposobem zwiększenia udziału sprzężonych dienów kwasu linolowego wydaje się być stosowanie dodatku preparatu CLA na etapie procesu produkcji, ponieważ nie wpływa ono na poziom kwasów nasyconych. Mięso wieprzowe wzbogacone w CLA i uzyskane z niego przetwory charakteryzują się małą podatnością na procesy utleniania, co może wynikać ze sprzężenia wiązań podwójnych, właściwości antyoksydacyjnych sprzężonych dienów kwasu linolowego, a także ze zwiększonego udziału nasyconych kwasów tłuszczowych. Zagadnienie korzystnego wpływu na zdrowie człowieka mięsa wieprzowego i jego przetworów o podwyższonym udziale CLA wymaga dalszych badań prowadzonych na ludziach. Dopiero wówczas tego typu wyroby można będzie zaliczyć do grupy żywności funkcjonalnej.

### ABSTRACT

The paper characterizes pro-health properties of conjugated linoleic acid (CLA) and assesses the possibility of increasing their content in pork and pork meat products. Studies conducted on animals indicate antitumor, antiatherosclerotic and antiinflammatory effect of CLA, also find impact on reducing body fat and increasing muscle growth. However, the number of observations concerning human populations is insufficient to fully evaluate the relationship between CLA intake and reducing the risk of lifestyle diseases. Therefore, it is necessary to conduct further research. Literature data indicate that the use in pigs feed supplementation with CLA preparations, can increase the content of these compounds in the meat and also show, that isomer *cis-9, trans-11* is accumulated at significantly higher level. However, these changes were accompanied by increased the share of saturated fatty acids at the expense of monounsaturated which is unfavorable for human health. A better way to increase the CLA content in pork meat appears to be the addition of CLA preparation during the production process, because it does not affect the level of saturated fats. Pork and pork meat products enriched in CLA are characterized by low susceptibility to oxidation, which may result from the coupling of double bonds, antioxidative properties of conjugated linoleic acid and the increased content of saturated fatty acids. The issue of beneficial effects on human health of pork and pork products with a higher content of CLA, requires further studies conducted on humans. Only then these products can be classified as a functional foods.

**Adres do korespondencji:** Anna Piotrowska, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159c, tel. +48 22 5937043, e-mail: anna\_piotrowska@sggw.pl

## WSTĘP

Powstanie i rozwój nauki o składnikach i właściwościach funkcjonalnych żywności pociąga za sobą istotne zmiany w świadomości zarówno producentów jak i konsumentów. Żywność przestaje być już postrzegana jedynie jako źródło składników odżywczych, służących pokryciu odpowiednich potrzeb pokarmowych człowieka, ale coraz częściej zwraca się uwagę na jej właściwości funkcjonalne, a więc zdolność pozytywnego oddziaływania na stan zdrowia. Istnieją dowody naukowe, że dieta typu zachodniego jest jedną z najistotniejszych przyczyn występowania szeregu zaburzeń metabolicznych i stanowi podłoże rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych – otyłości, miażdżycy, niektórych postaci nowotworów. Rosnąca częstotliwość ich występowania rodzi świadomość potrzeby modyfikowania składu produktów spożywczych, w kierunku zwiększenia udziału substancji bioaktywnych, korzystnie wpływających na funkcjonowanie organizmu [10, 18, 25, 26]. W ostatnich latach szczególną uwagę badaczy zwraca grupa związków określana jako sprzężone dieny kwasu linolowego (CLA), którym przypisuje się szereg właściwości prozdrowotnych. W badaniach z udziałem zwierząt laboratoryjnych wykazano ich działanie przeciwnowotworowe, przeciwmiażdżycowe i przeciwzapalne. Zaobserwowano także wpływ na redukcję tkanki tłuszczowej, zwiększenie przyrostu masy mięśniowej, stymulujące wzrost organizmu [1, 4, 5, 20, 21]. W porównaniu z mięsem przeżuwaczy, tkanka mięśniowa zwierząt monogastrycznych charakteryzuje się znacznie niższym udziałem CLA. Podejmowane są jednak liczne badania mające na celu ocenę możliwości zwiększenia udziału tych cennych żywieniowo wielonienasyconych kwasów tłuszczowych także w mięsie wieprzowym, poprzez stosowanie w diecie świń dodatku preparatów CLA [8, 11, 13, 16, 33].

## CHARAKTERYSTYKA I WŁAŚCIWOŚCI PROZDROWOTNE CLA

Nazwa CLA obejmuje grupę pozycyjnych i geometrycznych izomerów kwasu linolowego (C 18:2, n-6), których cechą charakterystyczną jest obecność w cząsteczce sprzężonego układu wiązań podwójnych. Oznacza to, że w ich łańcuchach węglowych wiązania podwójne rozdziela nie grupa metylenowa (tak jak w kwasie linolowym), a jedno wiązanie pojedyncze. Dominującym wśród wszystkich izomerów CLA jest *cis-9, trans-11* czyli tak zwany kwas żwaczowy (ang. *rumenic acid*) stanowiący około 80-90% wszystkich izomerów CLA mięsa i mleka [4, 8, 20, 22, 24, 27, 33].

W badaniach na zwierzętach wykazano szereg korzystnych prozdrowotnych właściwości, przypisywanych głównie dwóm izomerom: *cis-9, trans-11* oraz *trans-10, cis-12*. Stwierdzono działanie antynowotworowe, przeciwmiażdżycowe, immunomodulacyjne, redukujące masę tkanki tłuszczowej, poprawiające przyrost masy mięśniowej i stymulujące wzrost organizmu m.in. poprzez przyrost masy kostnej [1, 4, 15, 19-22, 24, 27, 28, 31, 32]. W badaniach *Nestel* i wsp. [21] wykazano, że zastosowanie izomeru *cis-9, trans-11* w ilości 0,9% w diecie myszy powoduje obniżenie stężenia triacylogliceroli i zwiększenie o około 50% stężenia frakcji HDL cholesterolu. Nie stwierdzono jednak zahamowania rozwoju zmian miażdżycowych w łuku aorty. *Toomey* i wsp. [28] zastosowali w diecie proaterogennej myszy mieszaninę izomerów *cis-9, trans-11* i *trans-10, cis-12* (80:20) w ilości 1%, co spowodowało nie tylko zahamowanie procesów miażdżycowych, ale doprowadziło nawet do cofnięcia w 90% już zaistniałych wczesnych zmian aortalnych. W przeprowadzonych przez *Mitchell* i wsp. [19] badaniach na chomikach z zastosowaniem pojedynczych izomerów CLA, które w ilości 1% dodawano do diety bogatej w tłuszcz i cholesterol, również wykazano zdolność CLA do zmniejszania patologicznych zmian miażdżycowych w aorcie. Co więcej, wykazano, że kwasy *cis-9, trans-11* oktadekadienowy i *trans-10, cis-12* oktadekadienowy mogą w porównywalnym stopniu redukować częstotliwość uszkodzania naczyń. *Arbonés-Mainar* i wsp. [1] na podstawie badań przeprowadzonych na myszach stwierdzili, że izomer *cis-9, trans-11* powoduje obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego, triglicerydów, wolnych kwasów tłuszczowych, podczas gdy izomer *trans-10, cis-12* wykazuje działanie przeciwne, podwyższając wartości tych parametrów. W kontekście oddziaływania na arteriosklerozę należałoby więc, zdaniem autorów, rozpatrywać CLA jako bardziej heterogenną grupę związków, o możliwych różnych działaniach. *Lock* i wsp. [15] zastosowali w diecie chomików masło wzbogacone w kwas żwaczowy. Zaobserwowali oni spadek stężenia cholesterolu całkowitego i frakcji LDL. Pomimo, że poziom HDL cholesterolu nie uległ istotnym zmianom, to jednak stosunek sumy lipoprotein potencjalnie aterogennych do przeciwmiażdżycowych uległ znaczącej redukcji. W badaniach na zwierzętach oraz hodowlach tkankowych wykazano również hamujący wpływ CLA na powstawanie raka piersi, skóry, jelita grubego i pierwotnego raka wątroby [34]. Wyniki badań przeprowadzonych przez *Białek* i wsp. [6] na samicach szczurów wskazują, że sprzężone dieny kwasu linolowego wywierają wyraźne działanie przeciwnowotworowe zmniejszając zapadalność oraz spowalniając proces rozwoju indukowanych chemicznie gruczolakoraków sutka. Przypuszcza się, że hamowanie procesu nowotworzenia przez sprzężone dieny kwasu

linolowego może być wynikiem ich właściwości antyoksydacyjnych. CLA może działać jako czynnik ochraniający błony komórkowe przed działaniem wolnych rodników. Działanie to może polegać również na oksydacji CLA w komórkach nowotworowych do rodników o silnych właściwościach cytotoksycznych. Inni autorzy uważają, że najważniejszym mechanizmem odpowiedzialnym za działanie antykancerogenne CLA może być hamowanie syntezy eikonazoidów stymulujących wzrost komórek oraz modulacja obronnych systemów komórkowych. Mechanizmy przeciwnowotworowego działania CLA mogą się różnić w zależności od miejsca występowania i typu raka, czasu trwania i stopnia zaawansowania karcinogenezy [2].

W porównaniu do dużej skali badań prowadzonych na modelach zwierzęcych, dostępnych jest niewiele prac oceniających wpływ CLA na czynniki ryzyka rozwoju chorób dietozależnych u ludzi, a pomiędzy uzyskanymi wynikami istnieją wyraźne różnice. Mogą one wynikać ze stosowania różnych dawek izomerów CLA w diecie, a także ze zróżnicowanych, często bardzo krótkich okresów suplementacji [4, 22, 29, 30]. *Tricon* i wsp. [30] dokonali oceny wpływu różnych dawek suplementów zawierających pojedyncze izomery CLA, zarówno na profil lipidowy, jak i na wskaźniki insulinooporności oraz skład tkanek ciała u zdrowych ochotników. Izomer *cis-9*, *trans-11* wykazywał znaczącą tendencję do obniżania poziomów cholesterolu całkowitego i LDL w osoczu, natomiast nie obserwowano tego efektu dla izomeru *trans-10*, *cis-12* CLA. Ponadto stężenia triglicerydów po podawaniu izomeru *trans-10*, *cis-12* CLA były zdecydowanie wyższe, niż po podawaniu kwasu żwaczowego. Wykazano także przeciwstawne działanie tych izomerów na profil lipidowy osocza, gdyż izomer *cis-9*, *trans-11* CLA zdecydowanie obniżał wskaźniki [LDL:HDL] i [cholesterol całkowity:HDL], zaś izomer *trans-10*, *cis-12* CLA miał działanie odwrotne. Uzyskane wyniki wskazują na wyraźne hiperlipidemiczne właściwości izomeru *trans-10*, *cis-12* oraz działanie hipolipidemiczne kwasu żwaczowego. Brak korelacji pomiędzy intensywnością mierzonego efektu, a stosowaną dawką pozwala ponadto przypuszczać, że działanie biologiczne CLA ujawnia się już przy niskich poziomach w diecie.

Stosunkowo niewielka ilość badań z udziałem ludzi, wskazuje na konieczność prowadzenia dalszych badań, zwłaszcza długoterminowych, z użyciem zróżnicowanych dawek, a także różnych układów dietetycznych, aby stwierdzić w jaki sposób inne składniki pożywienia mogą wpływać na działanie CLA. Tym niemniej, dotychczasowe badania wskazują na ich prozdrowotne oddziaływanie i celowość badań nad zwiększeniem udziału CLA w produktach pochodzenia zwierzęcego, a szczególnie mięsie wieprzowym ubogim w ten składnik. Istnieje potrzeba prowadzenia długoterminowych

badań epidemiologicznych różnych populacji, zanim stanie się możliwe jednoznaczne zarekomendowanie CLA jako czynnika mającego pozytywny wpływ w profilaktyce miażdżycy oraz innych chorób dietozależnych [6].

## MOŻLIWOŚCI PODNIESIENIA ZAWARTOŚCI CLA W MIĘSIE WIEPRZOWYM I JEGO PRZETWORACH

Źródłem CLA w żywieniu człowieka są głównie produkty spożywcze pochodzące od przeżuwaczy. Obecność sprzężonych dienów kwasu linolowego w tkankach tych zwierząt jest związana z działalnością w żwaczu bakterii *Butyrivibrio fibrisolvens*, które uczestniczą w procesie biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych, a CLA jest produktem pośrednim, powstającym w wyniku niecałkowitej hydrogenacji kwasu linolowego. Drugim źródłem kwasu żwaczowego w organizmie zwierząt przeżuwających jest endogenna synteza w komórkach gruczołu mlekowego oraz tkance tłuszczowej [8, 24, 27]. Zawartość CLA w mięsie przeżuwaczy zależy od rodzaju stosowanej paszy, najwyższa jest z reguły latem, przy żywieniu pastwiskowym, gdy udział kwasu linolowego w diecie zwierząt jest wysoki. W porównaniu z mięsem wołowym czy jagnięcym zawartość CLA w mięsie zwierząt monogastrycznych jest znacznie niższa. Jest to związane z faktem, że w ich organizmie nie zachodzi proces biouwodorowania. Podejmowane są liczne badania mające na celu zwiększenie zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego w mięsie wieprzowym poprzez dodatek do pasz trzody chlewnej preparatów CLA. W badaniach *Lauridsen* i wsp. [13] przez cały okres tuczu zwierzęta otrzymywały 0,5% dodatek olejowego preparatu CLA. Analiza składu kwasów tłuszczowych mięśnia *longissimus dorsi* wykazała istotnie wyższy poziom sprzężonych dienów kwasu linolowego w grupie suplementowanej CLA, któremu towarzyszył wzrost procentowego udziału kwasów nasyconych (głównie mirystynowego C14:0 i palmitynowego C16:0), przy równoczesnym obniżeniu zawartości kwasów jednonienasyconych (głównie oleinowego C18:1, n-9). *Intarapichet* i wsp. [9] zastosowali w żywieniu świń dodatek preparatu na dwóch poziomach: 0,5% i 1%. Wykorzystany w doświadczeniu preparat zawierał równoważne ilości dwóch izomerów CLA: *cis-9*, *trans-11* (29%), oraz *trans-10*, *cis-12* (28%). Suplementację stosowano przez okres 6 tygodni. Oceniono wpływ modyfikacji diety zwierząt na profil kwasów tłuszczowych mięśnia schabu - *longissimus dorsi* oraz szynki - *semi-membranosus*. Suplementacja diety zwierząt korzystnie wpłynęła na zawartość obu izomerów CLA w badanych mięśniach. Wzrost ten był zależny od poziomu dodatku



preparatu - mięso zwierząt otrzymujących w diecie 1% CLA cechowało się istotnie wyższą zawartością tego związku w porównaniu z grupą suplementowaną na poziomie 0,5%. Ponadto niezależnie od poziomu suplementacji i rodzaju badanego mięśnia zawartość izomeru *cis*-9, *trans*-11 była istotnie wyższa w porównaniu z izomerem *trans*-10, *cis*-12. Równocześnie jednak w składzie kwasów tłuszczowych obu mięśni zaobserwowano obniżenie stosunku jednonienasyconych kwasów tłuszczowych do kwasów nasyconych (MUFA:SFA), a także wielonienasyconych kwasów tłuszczowych do kwasów nasyconych (PUFA:SFA) w obu badanych mięśniach. Wpływ dodatku preparatu CLA do diety tuczników na skład kwasów tłuszczowych mięśnia *longissimus dorsi* oraz słoniny był przedmiotem badań *Cordero* i wsp. [7]. W doświadczeniu zastosowano trzy poziomy dodatku preparatu CLA (0,5%, 1% oraz 2%). Preparat zawierał równoważne ilości obu izomerów. Suplementację stosowano przez okres 85 dni przed ubojem. Modyfikacja diety spowodowała zmianę profilu kwasów tłuszczowych, zmiany te były większe w przypadku słoniny w porównaniu z mięśniem *longissimus dorsi*. W obu elementach tuszy zaobserwowano wzrost zawartości kwasów nasyconych przy równoczesnym obniżeniu poziomu kwasów jednonienasyconych (głównie oleinowego), a także zależny od poziomu suplementacji wzrost zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego. Zarówno w słoninie jak i w mięśniem *longissimus dorsi* akumulacja izomeru *cis*-9, *trans*-11 była wyższa w porównaniu z izomerem *trans*-10, *cis*-12. Badania wykazały również, że zastosowanie w diecie zwierząt dodatku CLA nie wpłynęło istotnie na poziom kwasu linolowego, natomiast przy dodatku preparatu na poziomie 1% i 2% składu diety w obu badanych elementach kulinarnych zaobserwowano istotnie niższą zawartość kwasu  $\alpha$ -linolenowego. *Martin* i wsp. [17] zastosowali w żywieniu trzody chlewnej trzy poziomy dodatku CLA (0%, 1% i 2%) w połączeniu z dwoma poziomami wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (niskim – 19% i wysokim – 39%). Źródło CLA stanowił olejowy preparat, zawierający 56% izomerów CLA (28% *cis*-9, *trans*-11 i 28% *trans*-10, *cis*-12). Wartość energetyczna stosowanych w doświadczeniu diet była jednakowa. Stwierdzono istotny wpływ dodatku CLA do diety zwierząt na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego, zarówno w grupie o niskim jak i wysokim poziomie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w paszy. Wykazano istotny wzrost zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych, przy równoczesnym obniżeniu poziomu kwasów jednonienasyconych (głównie oleinowego). Należy podkreślić, że zjawisko to osiągnęło stan *plateau* przy poziomie 1% CLA w diecie - nie zaobserwowano istotnych różnic w zawartości nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych pomiędzy grupami o 1% i 2%

poziomie suplementacji. Zawartość obu izomerów CLA wzrastała istotnie wraz z rosnącym dodatkiem preparatu, przy czym poziom izomeru *trans*-10, *cis*-12 był dwukrotnie niższy w porównaniu z *cis*-9, *trans*-11.

Wyniki przedstawionych badań pozwalają na stwierdzenie, że zastosowanie dodatku preparatów CLA w paszy trzody chlewnej powoduje istotny, zależny od jego poziomu, wzrost zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego w uzyskanym surowcu mięsnym i tłuszczowym. Ponadto niezależnie od poziomu suplementacji, rodzaju stosowanego preparatu, składu paszy i badanego elementu kulinarnego, akumulacji ulega głównie izomer *cis*-9, *trans*-11, w zdecydowanie mniejszym stopniu izomer *trans*-10, *cis*-12 [3, 7, 9, 13, 14, 23]. Jednak pożądanemu z punktu widzenia zdrowia człowieka wzrostowi zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego towarzyszy wzrost procentowego udziału kwasów nasyconych, przy równoczesnym obniżeniu zawartości kwasów jednonienasyconych (głównie oleinowego). Niższa zawartość kwasów jednonienasyconych a zwiększona kwasów nasyconych u zwierząt otrzymujących w paszy dodatek preparatu CLA może być spowodowana hamującym wpływem CLA na aktywność enzymu  $\Delta 9$  desaturazy [3, 7, 12, 14, 17].

Zainteresowanie zagadnieniem stosowania dodatku preparatów CLA w żywieniu trzody chlewnej wynika zarówno z chęci uzyskania surowca o zwiększonej zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego i związanym z tym działaniem prozdrowotnym, jak i z potencjalnym wpływem na redukcję zawartości tłuszczu w tuszy [8, 11, 13, 16, 33]. Oczekiwany pozytywny wpływ sprzężonych dienów kwasu linolowego na zmniejszenie zawartości tłuszczu wynika z faktu, że jak wykazano w badaniach na zwierzętach laboratoryjnych, CLA indukuje apoptozę komórek tkanki tłuszczowej. Przypuszcza się więc, że jego dodatek do paszy trzody chlewnej może wpływać na obniżenie otłuszczenia tuszy, w tym również przetłuszczenia śródmięśniowego [9]. Zagadnienie to jest bardzo istotne, ponieważ zmniejszenie otłuszczenia i wzrost mięsności tusz jest bardzo pożądanym zarówno ze względów ekonomicznych jak i zdrowotnych. Jednak dotychczasowe wyniki badań dotyczące wpływu CLA na zawartość tłuszczu w tuszy są niejednoznaczne. W badaniach *Lauridsen* i wsp. [13] wykazano, że 0,5% dodatek preparatu CLA, stosowanego przez cały okres tuczu, nie wywiera istotnego wpływu na stopień otłuszczenia tusz. Potwierdzają to również badania *Bee* i wsp. [3], w których dodatek preparatu wynosił 1% i również był stosowany przez cały okres tuczu. Brak wpływu stosowania dodatku preparatów CLA na zawartość tłuszczu wykazały również badania *Martin* i wsp. [17] oraz *Larsen* i wsp. [12]. Istotne obniżenie zawartości tłuszczu zaobserwowali natomiast *Intarapichet* i wsp. [9], którzy w przeprowadzonym doświadczeniu stosowali dodatek

preparatu CLA na poziomie 0,5-1%, przez 6 tygodni w końcowym okresie tuczu. Z kolei badania *Cordero* i wsp. [7] wykazały, że zastosowanie dodatku preparatu CLA w okresie 12 tygodni przed ubojem w ilości 1% i 2% składu paszy, nie wywiera wpływu na grubość podskórnej tkanki tłuszczowej, ale powoduje wzrost zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Przyczyn tak rozbieżnych wyników może być wiele – między innymi różne poziomy i czas trwania suplementacji, różnice w składzie pasz, odmienne rasy zwierząt. Zagadnienie to wymaga dalszych badań.

Jak wykazują badania mięso wieprzowe o podwyższonej zawartości CLA i uzyskane z niego przetwory cechują się wysoką trwałością, często wyższą w porównaniu do tradycyjnych wyrobów. Pozytywny wpływ dodatku CLA na stabilność oksydacyjną mięsa może wynikać zarówno z właściwości antyoksydacyjnych tej grupy związków jak i z faktu, że suplementacja diety zwierząt sprzężonymi dienami kwasu linolowego powoduje wzrost udziału w tłuszczu mięsa nasyconych kwasów tłuszczowych [7, 11, 12, 16]. W porównaniu z innymi wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi, CLA charakteryzuje się większą stabilnością oksydacyjną. Przypuszcza się, że skoniugowana struktura izomerów kwasu linolowego czyni je mniej podatnymi na ataki wolnych rodników i w konsekwencji zmiany oksydacyjne [16]. Ochronny wpływ CLA był bardziej widoczny w mięsie zwierząt otrzymujących paszę z wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych. Korzystny wpływ podwyższonej zawartości CLA na trwałość przetworów mięsnych potwierdzają również badania *Bee* i wsp. [3], w których dokonano oceny stabilności oksydacyjnej schabu poddanego obróbce termicznej i przechowywanego w warunkach chłodniczych przez okres 4 dni. Dostępne w literaturze badania wykazują również na możliwość wykorzystania mięsa wieprzowego o zwiększonej zawartości CLA w produkcji wysokiej jakości szynki Parmeńskiej, dojrzewającej 12 miesięcy [14].

W produkcji przetworów mięsnych lepszym sposobem zwiększenia udziału sprzężonych dienów kwasu linolowego wydaje się być stosowanie dodatku preparatu CLA na etapie procesu produkcji, ponieważ nie zwiększa się wówczas poziom nasyconych kwasów tłuszczowych. Potwierdzają to badania *Juárez* i wsp. [11], których celem było porównanie składu kwasów tłuszczowych kielbasek śniadaniowych (ang. *breakfast sausages*) wzbogaconych w CLA. Badaniom poddano trzy grupy kielbas. Pierwszą wyprodukowano z mięsa zwierząt niesuplementowanych. Drugą otrzymano stosując dodatek CLA na etapie procesu technologicznego, w ilości 1,12% składu recepturowego wyrobu. Trzecią grupę stanowiły kielbaski uzyskane z mięsa zwierząt otrzymujących w paszy 2% dodatek preparatu CLA. Analiza składu kwasów tłuszczowych kielbasek wy-

produkowanych z mięsa zwierząt suplementowanych dodatkiem CLA, wykazała istotnie wyższy, w stosunku do obu pozostałych grup, poziom nasyconych kwasów tłuszczowych, przy równocześnie istotnie niższym poziomie kwasów jednonienasyconych. Poziom kwasów wielonienasyconych był istotnie wyższy w kielbaskach wzbogaconych w CLA (zarówno bezpośrednio jak i pośrednio) w porównaniu z próbą kontrolną, co wynikało z istotnie wyższej zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego. Zawartość CLA w kielbaskach wzbogaconych poprzez modyfikację diety zwierząt wynosiła 6% ogólnego składu kwasów tłuszczowych, we wzbogaconych na etapie produkcji – 7%, natomiast w grupie kontrolnej była bardzo niska – poniżej 0,1%.

## PODSUMOWANIE

1. Zastosowanie w żywieniu trzody chlewnej dodatku preparatów CLA, zwiększa udział tej grupy związków w składzie tłuszczu mięsa, przy czym istotnie wyższą akumulację stwierdza się dla izomeru *cis-9, trans-11*. Zmianom tym towarzyszy jednak niekorzystne z punktu widzenia zdrowia człowieka zwiększenie udziału kwasów nasyconych kosztem kwasów jednonienasyconych.
2. Mięso wieprzowe wzbogacone w CLA i uzyskane z niego przetwory charakteryzują się małą podatnością na procesy utleniania. Może to wynikać ze sprzężenia wiązań podwójnych, właściwości antyoksydacyjnych sprzężonych dienów kwasu linolowego, a także zwiększonego udziału nasyconych kwasów tłuszczowych w ogólnym składzie tłuszczu mięsa.
3. W produkcji przetworów mięsnych lepszym sposobem zwiększenia udziału sprzężonych dienów kwasu linolowego wydaje się być stosowanie dodatku preparatu CLA na etapie procesu produkcji, ponieważ nie powoduje to wzrostu poziomu nasyconych kwasów tłuszczowych.
4. Zagadnienie korzystnego wpływu na zdrowie człowieka mięsa wieprzowego o podwyższonym udziale CLA wymaga dalszych badań. Dopiero wówczas tego typu wyroby można będzie zaliczyć do grupy żywności funkcjonalnej.

## Podziękowania / Acknowledgements

Artykuł przygotowany w ramach realizacji projektu badawczego „BIOŻYWNOSĆ – 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.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Arbonés-Mainar J. M., Navarro M. A., Guzmán M. A., Arnal C., Surra J. C., Acin S., Carnicer R., Osada J., Roche H. M.*: Selective effect of conjugated linoleic acid isomers on atherosclerotic lesion development in apolipoprotein E knockout mice. *Atherosclerosis* 2006, 189 (2), 318–327.
2. *Bartnikowska E., Obiedziński M.W., Grześkiewicz S.*: Sprężone dieny kwasu linolowego – niedawno wykryte związki o działaniu antykancerogennym występujące w mleku i jego przetworach. *Przegl. Mlecz.* 1999, 3, 86-92.
3. *Bee G., Jacot S., Guex G., Biolley C.*: Effects of two supplementation levels of linseed combined with CLA or tallow on meat quality traits and fatty acid profile of adipose and different muscle tissues in slaughter pigs. *Animal* 2008, 5 (2), 800-811.
4. *Bhattacharya A., Banua J., Rahmana M., Causey J., Fernandes G.*: Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutr. Biochem.* 2006, 17 (12), 789–810.
5. *Bialek A., Tokarz A.*: Źródła pokarmowe oraz efekty prozdrowotne sprężonych dienów kwasu linolowego (CLA). *Biul. Wyd. Farm. WUM* 2009, 1, 1-12.
6. *Bialek A., Tokarz A., Kazimierska W., Bielecki W.*: Wpływ suplementacji diety CLA na profil kwasów tłuszczowych w surowicy krwi szczurów w warunkach procesu nowotworowego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2010, 43 (3), 314–322.
7. *Cordero G., Isabel B., Menoyo D., Daza A., Morales J., Piñeiro C., López-Bote C.J.*: Dietary CLA alters intramuscular fat and fatty acid composition of pig skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue. *Meat Sci.* 2010, 85 (2), 235-239.
8. *Hur S. J., Park G. B., Joo S. T.*: Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livestock Science* 2007, 110 (3), 221–229.
9. *Intarapichet K. O., Maikhunthod B, Thungmanee N.*: Physicochemical characteristics of pork fed palm oil and conjugated linoleic acid supplements. *Meat Sci.* 2008, 80 (3), 788-794.
10. *Jimenez-Colmenero F.*: Healthier lipid formulation approaches in meatbased functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends Food Sci. Tech.* 2007, 18 (11), 567-578.
11. *Juárez M., Marco A., Brunton N., Lynch B., Troy D.J., Mullen A.M.*: Cooking effect on fatty acid profile of pork breakfast sausages enriched in conjugated linoleic acid by dietary supplementation or direct addition. *Food Chem.* 2009, 117 (3), 393–397.
12. *Larsen S. T., Wiegand B. R., Parrish F. C., Swan. J. E., Sparks J. C.*: Dietary conjugated linoleic acid changes belly and bacon quality from pigs fed varied lipid sources. *J. Anim. Sci.* 2009, 87 (1), 285-295.
13. *Lauridsen C., Mu H., Henckel P.*: Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter- and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *Meat Sci.* 2005, 69 (3), 393-399.
14. *Lo Fiego D.P., Macchioni P., Santoro P., Pastorelli G., Corino C.*: Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. *Meat Sci.* 2005, 70 (2), 285-291.
15. *Lock A. L., Horne C. A. M., Bauman D. E., Salter A. M.*: Butter naturally enriched in conjugated linoleic acid and vaccenic acid alters tissue fatty acids and improves the plasma lipoprotein profile in cholesterol-fed hamsters. *J. Nutr.* 2005, 135 (8), 1934-1939.
16. *Martin D., Antequera T., Muriel E., Perez-Palacios T., Ruiz J.*: Effect of dietary conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids on the meat composition and quality traits of dry-cured loin. *Meat Sci.* 2008, 80 (4), 1309–1319.
17. *Martin D, Muriel E, Gonzalez E., Viguera J., Ruiz J.*: Effect of dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids on productive, carcass and meat quality traits of pigs. *Livestock Science* 2008, 117 (2-3), 155–164.
18. *Migdał W., Pieszka M., Barowicz T., Janik A., Wojtyśiak D., Pustkowiak H., Nowak J., Koziol A.*: Modyfikowanie profilu kwasów tłuszczowych mięsa zwierząt rzeźnych – za i przeciw. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego* 2008, 46 (1), 111-123.
19. *Mitchell P. L., Langille M. A., Currie D. L., McLeod R. S.*: Effect of conjugated linoleic acid isomers on lipoproteins and atherosclerosis in the Syrian Golden hamster. *Biochim. Biophys. Acta.* 2005, 1734 (3), 269 – 276.
20. *Nagao K., Yanagita T.*: Conjugated Fatty Acids in Food and Their Health Benefits. *J. Biosci. Bioeng.* 2005, 100 (2), 152-157.
21. *Nestel P., Fujii A., Allen T.*: The cis-9,trans-11 isomer of conjugated linoleic acid (CLA) lowers plasma triglyceride and raises HDL cholesterol concentrations but does not suppress aortic atherosclerosis in diabetic apoE-deficient mice. *Atherosclerosis* 2006, 189 (2), 282–287.
22. *Park Y.*: Conjugated linoleic acid (CLA): Good or bad trans fat? *Journal of Food Composition and Analysis* 2009, 22S, S4–S12.
23. *Pastorelli G., Moretti V. M., Macchioni P., Lo Fiego D. P., Santoro P., Panseri S., Rossi R., Corino C.*: Influence of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid composition and volatile compounds profile of heavy pig loin muscle. *J. Sci. Food Agr.* 2005, 85, 2227-2234.
24. *Schmid A., Collomb M., Sieber R., Bee G.*: Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 2006, 73 (1), 29-41.
25. *Słowiński M., Jankiewicz L.*: Mięso i przetwory mięsne żywnością funkcjonalną. *Gospodarka Mięsna* 2010, 62 (4), 10-13.
26. *Szterk A., Czerwonka M., Waszkiewicz-Robak B.*: Żywność funkcjonalna dla osób prowadzących aktywny tryb życia. *Przem. Spoż.* 2010, 64 (5), 32-36.
27. *Tanaka K.*: Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. *Animal Science Journal* 2005, 76 (4), 291–303.

28. *Toomey S., Harhen B., Roche H. M., Fitzgerald D., Belton O.*: Profound resolution of early atherosclerosis with conjugated linoleic acid. *Atherosclerosis* 2006, 187 (1), 40–49.
29. *Tricon S., Burdge G.C., Jones E.L., Russell J.J., El-Khazen S., Moretti E., Hall W.L., Gerry A.B., Leake D.S., Grimble R.F., Williams Ch.M., Calder P.C., Yaqoob P.*: Effects of dairy products naturally enriched with cis-9,trans-11 conjugated linoleic acid on the blood lipid profile in healthy middle-aged men. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006, 83 (4), 744-753.
30. *Tricon S., Burdge G. C., Kew S., Banerjee T., Russell J. J., Jones E. L., Grimble R. F., Williams Ch. M., Yaqoob P., Calder P. C.*: Opposing effects of cis-9,trans-11 and trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid on blood lipids in healthy humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004, 80 (3), 614-620.
31. *Valeille K., Férézou J., Amsler G., Quignard-Boulangé A., Parquet M., Gripois D., Dorovska-Taran V., Martin J. Ch.*: A cis-9,trans-11-conjugated linoleic acid-rich oil reduces the outcome of atherogenic process in hyperlipidemic hamster. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2005, 289 (2), 652-659.
32. *Valeille K., Férézou J., Parquet M., Amsler G., Gripois D., Quignard-Boulangé A., Martin J.-Ch.*: The Natural Concentration of the Conjugated Linoleic Acid, cis-9,trans-11,lin Milk Fat Has Antiatherogenic Effects in Hyperlipidemic Hamsters. *J. Nutr.* 2006, 136 (5), 1305-1310.
33. *Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E. J., Ahn D.U.*: Improving functional value of meat products. *Meat Sci.* 2010, 86 (1), 15-31.
34. *Zymon M., Strzelski J.*: Możliwości modyfikacji tłuszczu śródmięśniowego u bydła mięsnego. *Med. Wet.* 2007, 63 (12), 1526-1529.

Otrzymano: 19.12.2011

Zaakceptowano do druku: 24.05.2012

