



Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska, e-mail: anna.czech@up.lublin.pl

KATARZYNA WOŚ, KAMILA KLIMIUK , ANNA CZECH 

Witamina E niezbędna dla zdrowia i wydajności produkcyjnej świń

Vitamin E essential for the health and productivity of pigs

Streszczenie. Celem pracy jest wyjaśnienie znaczenia witaminy E w żywieniu świń. Witamina E pełni wiele ważnych funkcji w organizmie, zwłaszcza na poziomie komórkowym. Odpowiada za regulację syntezy DNA oraz ekspresję genów związanych z metabolizmem lipidów i transportem cholesterolu. Stabilizuje błony komórkowe, wpływając na ich integralność, hamuje procesy peroksydacji lipidów, odgrywa rolę w sprawnym funkcjonowaniu układu odpornościowego. Wykazano, że odpowiada za wzmocnienie zarówno komórkowych, jak i humoralnych odpowiedzi immunologicznych, zwiększając proliferację limfocytów, działanie immunoglobulin czy aktywność komórek NK. Immunostymulujące działanie witaminy E, zwiększa odporność na niektóre patogeny, w tym *Streptococcus pneumoniae* typu 1 i wirusa grypy. Ponadto suplementacja witaminą E wykazuje potencjał w zwiększaniu odporności na choroby jelitowe u noworodków świń wywołane m.in. przez bakterie *E. coli*, które przyczyniają się do zwiększonej śmiertelności prosiąt przed odsadzeniem.

Słowa kluczowe: witamina E, świnię, odporność, peroksydacja lipidów

WSTĘP

Specjaliści nieustannie pracują nad zapewnieniem zwierzętom gospodarskim pełnowartościowych mieszanek paszowych, zapewniających pokrycie ich zapotrzebowania

Cytowanie: Woś K., Klimiuk K., Czech A., 2023. Witamina E niezbędna dla zdrowia i wydajności produkcyjnej świń. J. Anim. Sci. Biol. Bioecon. 39(2), 39–50. <https://doi.org/10.24326/jasbb.2023.5166>

żywnościowego. Oprócz podstawowych składników pokarmowych, takich jak białko, tłuszcz, włókno pokarmowe czy składniki mineralne, istotna dla zdrowia zwierząt jest odpowiednia zawartość witamin w mieszankach paszowych.

Do witamin, które powinny być wprowadzone do mieszanek paszowych dla świń, należą witaminy rozpuszczalne w wodzie, tj.: witamina B₁ (tiamina) – kluczowa do prawidłowego funkcjonowania układu nerwowego i trawienia; witamina B₂ (ryboflawina) – odgrywająca ważną rolę w produkcji energii i prawidłowym funkcjonowaniu układu nerwowego; witamina B₃ (niacyna) – niezbędna do prawidłowego funkcjonowania skóry i błon śluzowych oraz wspomagania układu odpornościowego. Niezbędnymi witaminami szczególnie dla młodych prosiąt, ale także loch w okresie ciąży i laktacji są również witaminy rozpuszczalne w tłuszczach tj. A, D, E i K. Witamina A odpowiada za proces widzenia, za prawidłowe funkcjonowanie układu odpornościowego, a także za rozwój komórek; witamina D jest niezbędna do prawidłowego wchłaniania wapnia i fosforu, co jest kluczowe dla zdrowej kości i zębów; witamina K to ważny czynnik decydujący o krzepliwości krwi i funkcjonowaniu układu kostnego, a także niezmiernie istotna witamina E.

Witamina E to osiem lipofilnych związków; cztery tokoferole oraz cztery tokotrienole (α , β -, γ - i δ). Wśród nich najważniejszą rolę odrywa α -tokoferol, który w przeciwieństwie do pozostałych form jest w dużym stopniu rozpoznawany przez białko wątrobowe (TTP, α -tokoferolowe białko wątrobowe) [Mustacich i in. 2007].

W mieszance paszowej składającej się z samych komponentów roślinnych ilość witaminy E w formie α -tokoferolu jest niewystarczająca do przebiegu podstawowych procesów życiowych. Aby uzupełnić zapotrzebowanie na witaminę E u ważącego średnio 100 kg półrocznego tuczniaka, należałoby podawać dziennie ponad 7 kg rafinowanego oleju kukurydzianego. Przy założeniu, że dodatek tłuszczów pochodzenia roślinnego w żywieniu tuczniaków powinien wynosić ok. 2–3%, nie jest możliwe zapewnienie odpowiedniego stężenia witaminy jedynie ze źródeł naturalnych, bez suplementacji. Niezbędna jest zatem suplementacja tokoferoli najczęściej w formie octanu α -tokoferolu.

Dlatego też warto przyjrzeć się bliżej źródłom witaminy E, efektywności jej wchłaniania i konsekwencjom jej niedoboru u zwierząt monogastrycznych.

ŹRÓDŁA WITAMINY E

Witamina E w niewielkich ilościach występuje w zielonych częściach roślin, ziarnach zbóż (średnio 20 mg α -tokoferolu/kg w kukurydzy i owsie, 11 mg/kg w pszenicy), w komponentach paszowych takich jak śruta sojowa (3 mg/kg) czy kukurydziana, a także w kiszonkach. Jej źródłem są również oleje roślinne, jednak w żywieniu zwierząt wykorzystywane są głównie jako źródło energii i kwasów tłuszczowych (tab. 1). Zawartość witaminy E w olejach roślinnych jest zróżnicowana, np. w oleju rzepakowym wynosi ok. 468 mg/kg, w oleju słonecznikowym tłoczonym na zimno ok. 535 mg/kg, natomiast w oleju kukurydzianym rafinowanym jej ilość jest największa, tj. ok. 829 mg/kg. Każdy rodzaj oleju roślinnego ma również inne wartości poszczególnych związków tokoferolowych i tokotrienolowych. W oleju słonecznikowym w największej ilości występuje forma α -tokoferolowa, natomiast w rzepakowym forma β -tokoferolu i γ -tokoferolu [Gliszczyńska-Świągło i in. 2007].

Tabela 1. Zawartość α - tokoferolu w komponentach paszowych (mg/kg)
Table 1. α -Tocopherol content of feed components (mg/kg)

Komponent paszowy Feed component	Zawartość Contents (Zakres/ Scope)	Olej Oil	Zawartość Contents	OS SD
Śruta sojowa Soybean meal	3 ^a (1–5)	Kukurydziany Corn	207 ±11 ^c	130 ±3 ^d
Kiszonka, kukurydza Silage, corn	5,5 ^b (3,7–17,3)	Winogronowy Grape	103 ±5 ^e	279.5 ^e
Pszenica Wheat	11 ^a (3–15)	Rzepakowy Rapeseed	178 ±25 ^e	118.9 ^e
Owies Oat	20 ^a (18–24)	Słonecznikowy Sunflower	575 ±11 ^c	460 ±40 ^d
Kukurydza Corn	20 ^a (11–35)		–	
Jęczmień Barley	36 ^a (22–43)		–	

Źródła: ^aBunnell i in. [1968], ^bAdams [1982], ^cGliszczyńska-Świągło i in. [2007], ^dKarmowski i in. [2015], ^eRobledo i in. [2013]

Stosując oleje roślinne jako źródła witaminy E, należy zwrócić uwagę na ich ilość, ale przede wszystkim jakość. Istnieje kilka zależności, które decydują o jakości wprowadzonej witaminy E, należą do nich m.in. stabilność naturalnej formy witaminy E, która często w wyniku obróbki czy przechowywania może stracić swoje właściwości; rodzaj podawanego oleju czy też obecność składników mineralnych [Wang i in. 1996], które mają działanie agonistyczne (selen, cynk) lub antagonistyczne (żelazo) względem witaminy E.

W związku z powyższym istnieje wiele czynników, które mogą prowadzić do powstania niedoboru witaminy E w organizmie świń. Dlatego w mieszankach paszowych najczęściej stosowanym rodzajem witaminy E jest octan α -tokoferylu.

Istnieją dwie formy octanu α -tokoferylu, tj. forma całkowicie syntetyczna octan all-rac-alfa-tokoferylu oraz forma wytwarzana z naturalnych tokoferoli ekstrahowanych z olejów roślinnych, stabilizowana dodatkiem octanu RRR-alfa-tokoferylu [Mutetikka i Mahan 1993]. Formy te różnią się między sobą ilością i rodzajem izomerów.

Syntetyczny octan α -tokoferylu to mieszanina racemiczna 8 stereoisomerów; 4 stereoisomerów 2R (RRR, RRS, RSR, RSS) i 4 stereoisomerów 2S (SSS, SSR, SRS, SRR). Naturalna forma α -tokoferolu to jeden stereoisomer czyli RRR α -tokoferol [Lee i Han 2018]. Z badań wynika, że naturalna postać RRR α -tokoferolu wykazuje większą aktywność biologiczną niż jej syntetyczny odpowiednik, w związku z tym forma ta jest preferowana w mieszankach paszowych [Weiss i in. 2009]. Ze względu na brak u młodych zwierząt enzymu odpowiedzialnego za rozkład witaminy E coraz powszechniejsze jest stosowanie niezestryfikowanych form α -tokoferolu w premiksach dla prosiąt odsadzonych [Sivertsen i in. 2007].

METABOLIZM I ROLA WITAMINY E

Zawartość witaminy E w organizmie oceniana jest na podstawie jej stężenia w osoczu krwi. Według Pinelli-Saavedry [2003] istnieje silna korelacja między stężeniem α -tokoferolu w osoczu krwi a ilością witaminy E w wątrobie oraz między spożyciem α -tokoferolu w diecie a stężeniem witaminy E w osoczu. Z danych wynika, że poprzez zwiększenie

ilości α -tokoferolu w diecie loch zwiększa się także stężenie witaminy E w ich osoczu (tab. 2), sianie i mleku, a także w osoczu prosiąt (tab. 2) oraz tkankach, co jest szczególnie ważne dla młodych osobników narażonych na stresory, tj. czynniki psychospołeczne środowiskowe, oddzielenie od matki, zmianę diety, praktyki produkcyjne, infekcje i in.

Tabela 2. Wpływ suplementacji witaminą E (octan α -tokoferylu) na zawartość witaminy E, immunoglobulin i enzymów antyoksydacyjnych w osoczu krwi prosiąt i loch (wartości w % wyliczone w stosunku do grupy kontrolnej)
Table 2. The effect of vitamin E supplementation (α -tocopheryl acetate) on the content of vitamin E, immunoglobulins and antioxidant enzymes in the blood plasma of piglets and sows (% values calculated in relation to the control group)

Grupa technologiczna Technology group	Dawka Dose	Witamina E Vitamin E	IgG	IgA	SOD	GSH-Px	Literatura Literature
Prosięta w 21. dniu laktacji ¹ Piglets on the 21st day of lactation	250 IU/kg	+36,34	+11,36	+9,1	–	+4,77	Wang i in. [2017]
Prosięta w 39. dniu ² Piglets on 39th day	150 mg/dzień	–	+0,3	+20	–	–	Amazan i in. [2014]
Prosięta po 21 dniach diety plementowanej ³ Piglets after 21 days of supplemented diet	105,4 mg/kg	+159,8	–	–	+8,27	+10,73	Leskovec i in. [2019]
Locha prośna, 57.–58. dzień ciąży ⁴ Pregnant sow, day 57th–58th	200 mg 2 razy w tygodniu	+5,9	–	–	+1,84	+1,1	Szczubiał [2015]

¹ Prosięta karmione mlekiem matki, żywionej mieszanką z dodatkiem witaminy E w ilości 294 IU/kg/ Piglets fed with mother's milk fed with a mixture with the addition of vitamin E in the amount of 294 IU/kg

² Prosięta otrzymywały z wodą 1,7 mg/dzień witaminy E oraz dodatkowo locha otrzymywała mieszankę z dodatkiem 150 mg/dzień witaminy E/ Piglets received 1.7 mg/ day of vitamin E with water and the sow additionally received a mixture with the addition of 150 mg/ day of vitamin E.

³ W porównaniu z kontrolą negatywną, u obu grup prosiąt po odsadzeniu wywołano stres oksydacyjny dietą n-3 PUFA/ Compared to the negative control, both groups of piglets were previously induced oxidative stress with a diet of n-3 PUFA

⁴ W porównaniu z próbą negatywną/ Compared to the negative control group

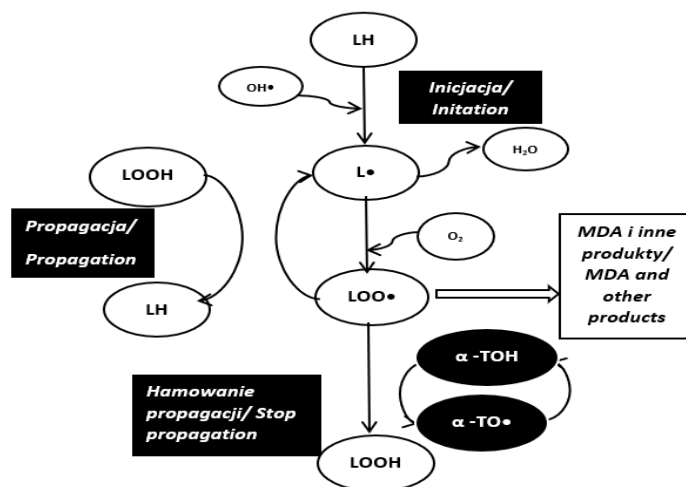
Witamina E wprowadzana z mieszanką paszową ze względu na swoją hydrofobowość wymaga specjalnych mechanizmów transportu w hydrofilowym środowisku osocza, płynów ustrojowych i komórek. Pobierana jest w proksymalnym odcinku jelita w zależności od ilości lipidów pokarmowych, żółci i esterazy trzustkowej, a następnie ulega emulgacji razem z dostarczonymi tłuszczami, tworząc krople lipidowe. Lipoliza i emulgacja utworzonych kropli prowadzi do spontanicznego tworzenia mieszanych miceli, które są absorbowane na drodze biernej dyfuzji w obrębie rąbka szczoteczkowego błony śluzowej. Wraz z triacyloglicerydami, fosfolipidami, cholesterolem i apolipoproteinami tokoferole są ponownie składane w chylomikrony przez aparat Golgiego komórek błony śluzowej. Chylomikrony są wydalane przez egzocytozę do układu limfatycznego, skąd docierają do krwioobiegu, a następnie są transportowane do komórek wątroby [Azzi i Stocker 2000].

Witamina E pełni ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu, szczególnie na poziomie komórkowym. Odpowiada za regulację syntezy DNA i ekspresji genów związanych z metabolizmem lipidów i transportem cholesterolu [Galmés i in. 2018], stabilizuje błony komórkowe, wpływając na ich integralność, pełni rolę w sprawnym działaniu systemu odpornościowego [Han i Meydani 2006], a także hamuje procesy peroksydacji lipidów dzięki wymiataniu reaktywnych form tlenu (ROS) oraz reaktywnych form azotu (RNS) [Wang i Quinn 1999].

WITAMINA E A PROCESY ANTYOKSYDACYJNE

Peroksydacja lipidów biologicznych jest szczególnie niebezpieczna dla błon komórkowych. W trakcie tego procesu dochodzi do utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych i innych lipidów, w wyniku czego powstają nadtlenki lipidowe i toksyczne metabolity. Uszkadzają one błony komórkowe, wpływając na zmianę jej przepuszczalności i zakłócenie potencjału powierzchniowego [Wang i in. 1996].

Jedną z najważniejszych funkcji witaminy E (α -tokoferolu) jest działanie przeciwutleniające na składniki błon komórkowych. Hamuje ona łańcuchową reakcję peroksydacji lipidów na poziomie reakcji propagacji, czyli tworzenia wolnych rodników nadtlenkowych kwasu tłuszczowego i rodników alkilowych, które mogłyby utleniać kolejne cząsteczki kwasu tłuszczowego (rys. 1) [Idamokoro i in. 2020].



LH= Lipid

OH•= rodnik hydroksylowy/ hydroxyl radical

L•= rodnik alkilowy/ alkyl radical

LOO•= rodnik nadtlenkowy/ peroxy radical

LOOH= nadtlenek lipidowy/ lipid peroxide

α -TOH= α - tokoferol/ α - tocopherol

α -TO•= rodnik α - tokoferylowy/ α - tocopherol radical

Rys. 1. Udział tokoferolu w spowalnianiu peroksydacji lipidów
Fig. 1. Involvement of tocopherol in slowing down lipid peroxidation

Właściwości przeciwutleniające witaminy E zapewniają stabilność błon komórkowych składników krwi, takich jak erytrocyty, leukocyty i płytki krwi. Lipidy błony komórkowej erytrocytów są bardziej podatne na peroksydację ze względu na wysoką zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, obecność białek hemu (cytochromy i hemoglobinę) oraz metali przejściowych (Cu^{2+} , Fe^{2+}), które działają prooksydacyjnie [Pinelli-Saavedra 2003]. Organizm zwierzęcia jest nieustannie atakowany przez wolne rodniki, które powstają jako naturalna konsekwencja aktywności metabolicznej organizmu oraz jako część strategii układu odpornościowego mającej na celu zniszczenie inwazyjnych mikroorganizmów. Dlatego tak ważne jest dostarczenie świnom α -tokoferolu zgodnie z ich zapotrzebowaniem.

WITAMINA E A ODPORNOŚĆ

Rola witaminy E w poprawie działania układu immunologicznego jest bezpośrednio związana z opisanym wcześniej mechanizmem przeciwdziałającym utlenieniu lipidów [Rohani i in. 2023]. Jednocześnie dowiedziono, że integralność błony komórkowej komórek układu odpornościowego w znacznym stopniu zależy od obecności witaminy E [Lewis i in. 2019]. Wykazano, że jest ona odpowiedzialna za nasilenie odpowiedzi immunologicznej zarówno komórkowej, jak i humoralnej, zwiększenie proliferacji limfocytów [Beharka i in. 1997], działanie immunoglobulin czy aktywność komórek NK [Lee i Han, 2018]. Jej niedobór skutkuje upośledzeniem funkcji makrofagów [Pekmezci, 2011]. Ze względu na efekt immunostymulujący witaminy E jej obecność zwiększa odporność na niektóre patogeny chorobotwórcze w tym *Streptococcus pneumoniae* typu 1 [Bou Ghanem i in. 2015] oraz wirusa grypy [Lee i Han 2018]. Ponadto suplementacja witaminą E wykazuje potencjał w zwiększaniu odporności na choroby jelitowe u nowonarodzonych świń, spowodowane m.in. bakteriami *E. coli*, które przyczyniają się do zwiększonej śmiertelności prosiąt przed odsadzeniem [Pharazyn i in. 1990]. Udowodniono, że suplementacja witaminą E wraz z selenem skraca czas trwania infekcji wewnętrznych oraz zmniejsza częstość występowania mastitis [Smith i in. 1984, Smith i in. 1997]. Nie określono optymalnego stężenia witaminy E potrzebnego do poprawy funkcjonowania układu odpornościowego. Stężenie przewyższające pięciokrotnie zapotrzebowanie na α -tokoferol u zwierząt hodowlanych, w tym u świń, w diecie przyczynia się do zwiększonej odpowiedzi komórkowej, jak i humoralnej oraz zwiększonej odporności na patogeny [Pinelli-Saavedra 2003]. Wang i in. [2017] przedstawiają, że wysoki udział witaminy E w diecie loch poprawia parametry immunologiczne matki oraz prosiąt. W tabeli 2 zaprezentowano wpływ dodatku do mieszanek paszowych witaminy E na wskaźniki immunologiczne i zawartość witaminy E w osoczu świń.

NIEDOBÓR WITAMINY E U ŚWIŃ

Jednostki chorobowe oraz zaburzenia funkcji narządów, wynikające z niedoboru witaminy E w żywieniu świń, są przede wszystkim konsekwencją zakłócenia mechanizmu antyoksydacyjnego, w którym ona uczestniczy.

Stan chorobowy związany z niedostateczną ilością witaminy E określany jest jako zespół niedoboru witaminy E. Jego konsekwencją są m.in. uszkodzenia naczyń krwionośnych, uszkodzenia wątroby, niepłodność [Nafstad i Tollersrud 1970], ale przede wszystkim degradacja mięśni szkieletowych oraz serca [Hosnedlova i in. 2017]. Do najczęstszych chorób serca związanych z niedoborem witaminy E należy choroba morwowa serca, której może towarzyszyć dystrofia mięśniowa oraz toksyczna dystrofia wątroby, dotycząca najczęściej prosiąt i cechująca się wysoką śmiertelnością [Rys 1962]. Niektóre badania wskazują, że konsekwencją niedoboru witaminy E u świń są również kliniczne objawy żółtaczk. W obrazie histologicznym tkanek pochodzących od osobników, u których stwierdzono niedobór witaminy E, występuje bledźność mięśni szkieletowych oraz obrzęk, bledźność i ogniskowe zmiany na wszystkich płatach wątroby [Helke i in. 2020].

Odpowiednia podaż witaminy E jest wręcz niezbędna w sytuacjach związanych m.in. z powszechnie występującymi stresorami, do których należą: stres poodsadzeniowy, poród, infekcje, złe warunki zoohigieniczne (wahania temperatury, duża wilgotność), wysiłek fizyczny czy inne [Papakonstantinou i in. 2023]. Ma to szczególne znaczenie w przypadku młodych zwierząt, które narażone na stres poodsadzeniowy pobierają znacznie mniej paszy, a tym samym dostarczają do organizmu mniejszą ilość witaminy E [Papakonstantinou i in. 2023]. Mniejsze stężenie witaminy E u odsadzonych prosiąt wiąże się również z niską aktywnością enzymu odpowiadającego za rozkład octanu α -tokoferylu w jelitach prosiąt, czyli hydrolazy karboksylowej. Znaczny spadek zawartości witaminy E jest najbardziej widoczny od 1. do 4. dnia po odsadzeniu [Sivertsen i in. 2007]. Z badań wynika, że obecność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie młodych świń, stymuluje lepsze wchłanianie witaminy E z mieszanki paszowej [Wang i in. 1996].

Odpowiednie stężenie witaminy E u nowonarodzonych prosiąt zależy od diety i kondycji matki. Według Wang i in. [2017] suplementacja diety matki witaminą E w ilości 250 IU/kg, zwiększa przyrostyienne oraz masę prosiąt odsadzonych. Należy więc zadbać o odpowiednią podaż tej witaminy w mieszankach dla loch w okresie ciąży i laktacji, co przełoży się bezpośrednio na ilość tokoferolu w sianie oraz mleku pobieranym przez prosięta [Kawecka i in. 2013].

Na niedobór witaminy E bardzo wrażliwe są również lochy. U tej grupy technologicznej obserwuje się mniejszą płodność oraz większą zamieralność płodów. Wczesne badania wskazują, że odpowiednie stężenie witaminy E w mieszankach dla loszek nie tylko chroni przed upadkami, ale również może powodować niewielki wzrost miotu [Nielsen i in. 1979]. Udowodniono, że jedynie zwiększenie przez dłuższy okres podaży witaminy E przynosi korzystne zmiany wskaźników reprodukcyjnych. Późniejsze badania nie potwierdziły wpływu krótko suplementowanej witaminy E na wydajność produkcyjną, tj. wielkość miotu czy liczbę martwych urodzeń [Li i in. 2021]. Natomiast przy dietach nieprawidłowo zbilansowanych pod kątem zapotrzebowania na witaminę E u loszek zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia zespołu metritis-mastitis-agalactia (MMA), czyli bezmleczności poporodowej [Wuryastuti i in. 1993].

Kolejną grupą technologiczną wrażliwą na niedobór witaminy E są knury. Witamina E, chroniąc przed peroksydacją lipidów, wpływa na jakość nasienia, prawidłowy rozwój jąder oraz bierze udział w reakcjach akrosomalnych [Mendez i in. 2013]. Suplementacja witaminą E znacząco poprawia ruchliwość oraz żywotność plemników [Tareq i in. 2009]. Przy niedoborach spada jakość nasienia, co powoduje zmniejszenie płodności knura [Bovula i in. 2021].

Tabela 3. Wpływ witaminy E (octan α -tokoferylu) na efekty produkcyjne świń (wartości w % wyliczone w odniesieniu do grupy kontrolnej)
 Table 3. Effect of vitamin E (α -tocopheryl acetate) on pig production effects (values in % calculated relative to control group)

Grupa technologiczna Technology group	Dawka Dose	Przyrosty dienne Daily gain	Spożycie paszy Feed intake	Zużycie paszy Feed consumption	Literatura Literature
Tuczniki ¹ (ok. 150 kg m.c.) Poker (approx. 150 kg b.w.)	200 mg	+10,00	+6,01	+4,61	Wang i in. [2022]
Tuczniki ² (ok. 80 kg m.c.) Poker (approx. 80 kg b.w.)	35 IU	+11,84	–	–8,91	Kim i in. [2015]
Lochy prośne ³ Pregnant sows	66 mg	–3,21	–	–1,8	Shelton i in. [2014]
Prosięta ⁴ (ok. 10 kg m.c.) Piglets (approx. 10 kg b.w.)	105,4 mg	+4,05	–13,55	–10,1	Leskovec i in. [2019]

¹ W porównaniu z grupą kontrolną otrzymującą 11 mg wit. E/ Compared to the control group receiving 11 mg vit. E

² W porównaniu z grupą kontrolną otrzymującą 300 IU wit. E/ Compared to the control group receiving 300 IU vit. E

³ W porównaniu z grupą kontrolną otrzymującą 44 mg wit. E/ Compared to the control group receiving 44 mg vit. E

⁴ W porównaniu z grupą kontrolną negatywną/ Compared to the control group

Należy zaznaczyć, że wszystkie grupy technologiczne świń są wrażliwe na niedobór witaminy E w mieszankach paszowych. Odpowiednia dawka wpływa nie tylko na wskaźniki świadczące o zdrowiu zwierząt, ale również na efekty produkcyjne, co zaprezentowano w tabeli 3.

PODSUMOWANIE

Witamina E pełni bardzo ważną rolę w wielu procesach metabolicznych, ale jej ilość w mieszankach paszowych dla świń nie gwarantuje pełnego pokrycia ich zapotrzebowania. Zaleca się suplementację witaminą E zgodnie z potrzebami konkretnej grupy technologicznej. Jest to szczególnie istotne u młodych osobników, loch w okresie ciąży i laktacji, a także knurów. Biorąc pod uwagę potrzeby różnych grup technologicznych świń, dobrze zbilansowana dieta powinna zawierać witaminę E w ilości odpowiednio

dla prosiąt 150–200 mg/kg paszy, tuczników od 80 do 120 mg/kg paszy, knurów 200 mg/kg paszy, loch prośnych 100 mg/kg paszy, loch karmiących 150 mg/kg paszy [Grela i Skomiał 2015].

PIŚMIENNICTWO

- Adams C.R., 1982. Feedlot cattle need supplemental vitamin E. *Feedstuffs* 54(18), 24–25.
- Amazan D., Cordero G., López-Bote C.J., Lauridsen C., Rey A.I., 2014. Effects of oral micellized natural vitamin E (D- α -tocopherol) v. synthetic vitamin E (DL- α -tocopherol) in feed on α -tocopherol levels, stereoisomer distribution, oxidative stress and the immune response in piglets. *Animal* 8(3), 410–419. <https://doi.org/10.1017/S1751731113002401>
- Azzi A., Stocker A., 2000. Vitamin E: non-antioxidant roles. *Prog. Lipid. Res.* 39(3), 231–255. [https://doi.org/10.1016/s0163-7827\(00\)00006-0](https://doi.org/10.1016/s0163-7827(00)00006-0)
- Beharka, A., Redican, S., Leka, L., Meydani, S.N., 1997 Vitamin E status and immune function. *Methods Enzymol.* 282, 247–263. [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(97\)82112-x](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(97)82112-x)
- Bou Ghanem E.N., Clark S., Du X., Wu D., Camilli A., Leong J.M., Meydani S.N., 2015. The α -tocopherol form of vitamin E reverses age-associated susceptibility to *Streptococcus pneumoniae* lung infection by modulating pulmonary neutrophil recruitment. *J. Immunol.* 194(3), 1090–1099. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1402401>
- Bovula N., Ncobela C.N., Pilane C.M., Nedambale T.L., Chimonyo M., 2021. Growth performance and fertility of Windsnyer boars supplemented with α -tocopherol. *Trop Anim. Health Prod.* 53(1), 161. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02610-9>
- Bunnell R.H., Keating J.P., Quaresmo A.J., 1968. Alpha tocopherol content of feedstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 16, 659.
- Galmés S., Serra F., Palou A., 2018. Vitamin E metabolic effects and genetic variants: a challenge for precision nutrition in obesity and associated disturbances. *Nutrients* 10(12), 1919. <https://doi.org/10.3390/nu10121919>
- Gliszczynska-Świgło A., Sikorska E., Khmelinskii I., Sikorski M., 2007. Tocopherol content in edible plant oils. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57 (Spec. Issue 4A), 157–161.
- Grela E., Skomiał J., 2014. Zalecenie żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Normy żywienia świń. IFiŻŻ PAN Jabłonna, 94 pp.
- Han S.N., Meydani S.N., 2006. Impact of vitamin E on immune function and its clinical implications. *Expert Rev. Clin. Immunol.* 2(4), 561–567. <https://doi.org/10.1586/1744666X.2.4.561>
- Helke K.L., Wolfe A.M., Smith A.C., Swagel R., Gross R.H., Yao H., McCrackin A., 2020. Mulberry heart disease and hepatitis dietetica in farm pigs (*Sus scrofa domestica*) in a research setting. *Comp Med.* 70(4), 376–383. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-19-000162>
- Hosnedlova B., Kepinska M., Skalickova S., Carlos Fernandez C., Branislav Ruttkay-Nedecky B., Thembinkosi Donald Malevu T.D., Sochor J., Baron M., Melcova M., Zidkova J., Kizek R., 2017. A summary of new findings on the biological effects of selenium in selected animal species-a critical review. *Int. J. Mol. Sci.* 18(10), 2209. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-19-00016210.3390/ijms18102209>
- Idamokoro E.M., Falowo A.B., Oyeagu C.E., Afolayan A.J., 2020. Multifunctional activity of vitamin E in animal and animal products. *Anim. Sci. J.* 91(1), e13352. <https://doi.org/10.1111/asj.13352>
- Karmowski J., Hintze V., Kschonsek J., Killenberg M., Böhm V., 2015. Antioxidant activities of tocopherols/tocotrienols and lipophilic antioxidant capacity of wheat, vegetable oils, milk and milk cream by using photochemiluminescence. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.010>

- Kawecka M., Sosnowska A., Jacyno E., Kolodziej A., Matysiak B., Kamyczek M., 2013. Wpływ dodatku witamin E i C w żywieniu loch na ich użytkowość i odchów prosiąt. *Przegl. Hod.* 81(1), 9–11.
- Kim J.C., Jose C.G., Trezona M., Moore K.L., Pluske J.R., Mullan B.P., 2015. Supra-nutritional vitamin E supplementation for 28 days before slaughter maximises muscle vitamin E concentration in finisher pigs. *Meat Sci.* 110, 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.007>
- Lee G.Y., Han S.N., 2018. The role of vitamin E in immunity. *Nutrients* 10(11), 1614. <https://doi.org/10.3390/nu10111614>
- Leskovec J., Rezar V., Svete A.N., Salobir J., Levart A., 2019. Antioxidative effects of olive polyphenols compared to vitamin E in piglets fed a diet rich in n-3 PUFA. *Animals (Basel)* 9(4), 161. <https://doi.org/10.3390/ani9040161>
- Lewis E.D., Meydani S.N., Wu D., 2019. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation. *IUBMB Life* 71(4), 487–494. <https://doi.org/10.1002/iub.1976>
- Li Q., Yang S., Chen F., Guan W., Zhang S., 2021. Nutritional strategies to alleviate oxidative stress in sows. *Anim. Nutr.* 9, 60–73. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.10.006>
- Mendez M.F., Zangeronimo M.G., Rocha L.G., Faria B.G., Pereira B.A., Fernandes C.D., Chaves B.R., Murgas L.D.S., Sousa R.V., 2013. Effect of the addition of IGF-I and vitamin E to stored boar semen. *Animal* 7(5), 793–798. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002285>
- Miyazawa, T., Burdeos, G.C., Itaya, M., Nakagawa, K., Miyazawa, T., 2019. Vitamin E: regulatory redox interactions. *IUBMB Life* 71(4), 430–441. <https://doi.org/10.1002/iub.2008>
- Mustacich, D.J., Bruno, R.S., Traber, M.G., 2007. Vitamin E. W: G. Litwack (red.), *Vitamin E. Vitamins and Hormones*, t. 76. Academic Press, 1–21. [https://doi.org/10.1016/s0083-6729\(07\)76001-6](https://doi.org/10.1016/s0083-6729(07)76001-6)
- Mutetikka D.B., Mahan D.C., 1993. Effect of pasture, confinement, and diet fortification with vitamin E and selenium on reproducing gilts and their progeny. *J. Anim. Sci.* 71(12), 3211–3218. <https://doi.org/10.2527/1993.71123211x>
- Nafstad I, Tollersrud S., 1970. The vitamin E-deficiency syndrome in pigs. I. Pathological changes. *Acta. Vet. Scand.* 11(3), 452–480. <https://doi.org/10.1186/BF03547971>
- Nielsen H.E., Danielsen V., Simesen M.G., Gissel-Nielsen G., Hjarde W., Lelh T., Basse A., 1979. Selenium and vitamin E deficiency in pigs. I. Influence on growth and reproduction. *Acta Vet Scand.* 20(2), 276–288. <https://doi.org/10.1186/BF03546619>
- Papakonstantinou G.I., Gougoulis D.A., Voulgarakis N., Maragkakis, G., Galamatis, D., Athanasiou L.V., Papatsiros V.G., 2023. Effects of injectable administration of dexamethasone alone or in combination with vitamin E/Se in newborn low birth weight piglets. *Vet. Sci.* 10(2), 135. <https://doi.org/10.3390/vetsci10020135>
- Pekmezci, D., 2011. Vitamin E and Immunity. W: G. Litwack (red.), *Vitamins and the immune system. Vitamins and Hormones*, t. 86. Academic Press, 179–215. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386960-9.00008-3>
- Pharazyn A., Den Hartog L.A., Aherne F.X., 1990. Vitamin E and its role in the nutrition of the gilt and sow. *Livest. Prod. Sci.* 24, 1–13.
- Pinelli-Saavedra A., 2003. Vitamin E in immunity and reproductive performance in pigs. *Reprod. Nutr. Dev.* 43(5), 397–408. <https://doi.org/10.1051/rnd:2003034>
- Robledo S.N., Zachetti V.G., Zon M.A., Fernández H., 2013. Quantitative determination of tocopherols in edible vegetable oils using electrochemical ultra-microsensors combined with chemometric tools. *Talanta* 116, 964–971. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.08.008>

- Rohani M.F., Tarin T., Hasan J., Islam S.M.M., Shahjahan M., 2023. Vitamin E supplementation in diet ameliorates growth of Nile tilapia by upgrading muscle health. *Saudi J. Biol. Sci.* 30(2), 103558. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103558>
- Ryś R., 1962. Rola witaminy E w żywieniu zwierząt domowych. *Post. Nauk Roln.* 6(72), 55–69.
- Shelton N.W., Dritz S.S., Nelssen J.L., Tokach M.D., Goodband R.D., DeRouchey J.M., Yang H., Hill D.A., Holzgraefe D., Hall D.H., Mahan D.C., 2014. Effects of dietary vitamin E concentration and source on sow, milk, and pig concentrations of α -tocopherol. *J. Anim. Sci.* 92(10), 4547–4556. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7311>
- Sivertsen T., Vie E, Bernhoft A., Baustad B., 2007. Vitamin E and selenium plasma concentrations in weanling pigs under field conditions in Norwegian pig herds. *Acta Vet. Scand.* 49(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-1>
- Smith K.L., Harrison J.H., Hancock D.D., Todhunter D.A., Conrad H.R., 1984. Effect of vitamin E and selenium supplementation on incidence of clinical mastitis and duration of clinical symptoms. *J. Dairy Sci.* 67(6), 1293–1300. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81436-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81436-8)
- Smith K.L., Hogan J.S., Weiss W.P., 1997. Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *J. Anim. Sci.* 75(6), 1659–1665. <https://doi.org/10.2527/1997.7561659x>
- Szczubiał M., 2015. Effect of supplementation with vitamins E, C and β -carotene on antioxidative/oxidative status parameters in sows during the postpartum period. *Pol. J. Vet. Sci.* 18(2), 299–305. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0039>
- Tareq K.M.A., Akter Q.S., Takagi Y., Hamano K.I., Sawada T., Tsujii H., 2009. Effect of selenium and vitamin E on acrosome reaction in porcine spermatozoa. *Reprod. Med. Biol.* 9(2), 73–81. DOI:10.1007/s12522-009-0041-x
- Wang D., Dal Jang Y., Rentfrow G.K., Azain M.J., Lindemann M.D., 2022. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation in growing-finishing swine fed to a heavy slaughter weight of 150 kg: I. Growth performance, lean growth, organ size, carcass characteristics, primal cuts, and pork quality. *J. Anim. Sci.* 100(4), skac081. <https://doi.org/10.1093/jas/skac081>
- Wang L., Xu X., Su G., Shi B., Shan A., 2017. High concentration of vitamin E supplementation in sow diet during the last week of gestation and lactation affects the immunological variables and antioxidative parameters in piglets. *J. Dairy Res.* 84(1), 8–13. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000650>
- Wang X., Quinn P.J., 1999. Vitamin E and its function in membranes. *Prog. Lipid Res.* 38(4), 309–336. [https://doi.org/10.1016/s0163-7827\(99\)00008-9](https://doi.org/10.1016/s0163-7827(99)00008-9)
- Wang Y.H., Leibholz J., Bryden W.L., Fraser D.R., 1996. Lipid peroxidation status as an index to evaluate the influence of dietary fats on vitamin E requirements of young pigs. *Br. J. Nutr.* 75(01), 81. <https://doi.org/10.1079/bjn19960112>
- Weiss, W.P., Hogan, J.S., Wyatt, D.J., 2009. Relative bioavailability of all-rac and RRR vitamin E based on neutrophil function and total α -tocopherol and isomer concentration in periparturient dairy cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 92, 720–731. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1635>
- Wuryastuti H., Stowe H.D., Bull R.W., Miller E.R., 1993. Effects of vitamin E and selenium on immune responses of peripheral blood, colostrum, and milk leukocytes of sows. *J. Anim. Sci.* 71(9), 2464–2472. <https://doi.org/10.2527/1993.7192464x>

Źródło finansowania: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

Summary. The aim of this study is to clarify the importance of vitamin E in pig nutrition. Vitamin E has many important functions in the body especially at the cellular level. It is responsible for regulation of DNA synthesis and expression of genes related to lipid metabolism and cholesterol transport. It stabilizes cell membranes, influencing their integrity, inhibits lipid peroxidation processes, and plays a role in the efficient functioning of the immune system. It has been shown to be responsible for enhancing both cellular and humoral immune responses, increasing lymphocyte proliferation, immunoglobulin action or NK cell activity. The immunostimulatory effect of vitamin E, increases immunity against certain pathogens, including *Streptococcus pneumoniae* type 1 and influenza virus. In addition, vitamin E supplementation shows potential in enhancing resistance to intestinal disease in newborn pigs caused, among others, by *E. coli* bacteria, which contribute to increased piglet mortality before weaning.

Key words: vitamin E, pigs, immunity, lipid peroxidation

Otrzymano/Received: 30.04.2023
Zaakceptowano/Accepted: 18.07.2023
Online first: 17.10.2023
Opublikowano/Published: 15.12.2023