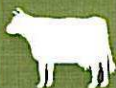


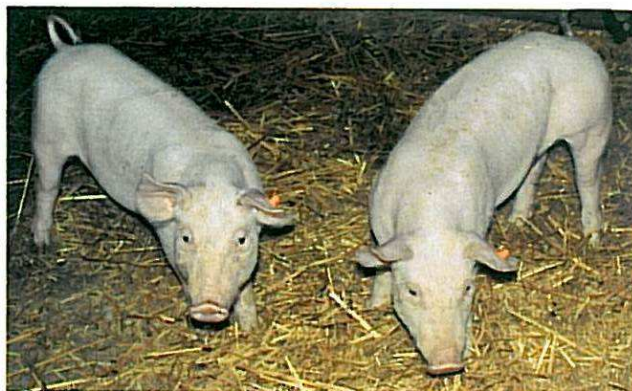


INSTYTUT ZOOTECHNIKI
Państwowy Instytut Badawczy



Małgorzata Świątkiewicz
Marta Nabożny

WITAMINA D₃ W ŻYWIENIU TUCZNIKÓW



b - 7/2015

Instytut - praktyce





INSTYTUT ZOOTECHNIKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF ANIMAL PRODUCTION

**Małgorzata Świątkiewicz
Marta Nabożny**

**Witamina D₃
w żywieniu tuczników**

Kraków 2015

Broszura upowszechnieniowa
Nr b-7/2015

DYREKTOR INSTYTUTU ZOOTECHNIKI PIB
prof. dr hab. Eugeniusz Herbut

Opracowano:

w

*Dziale Genetyki i Hodowli Zwierząt
i **Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa

Kierownicy:

**dr hab. Grzegorz Żak*
***prof. dr hab. Sylwester Świątkiewicz*

Recenzenci:

prof. dr hab. Eugeniusz R. Grela

Opracowanie redakcyjne:

mgr Magdalena Bielska

Skład komputerowy, druk i oprawa:

Maria Makarewicz

ISBN 978-83-7607-266-1

Drukowano w Zespole Wydawnictw i Poligrafii IZ PIB.

ZNACZENIE WITAMINY D3 W ORGANIZMIE

Tradycyjny pogląd na podstawową aktywność witaminy D zakładał, że jej funkcja polega na regulacji poziomu wapnia i fosforu w surowicy, i że w ten sposób jest zaangażowana głównie w metabolizm kości. Najnowsze badania wskazują jednak, że jest to raczej hormon o cechach sekosteroidalnych (molekuł spokrewnionych ze steroidami), który posiada znaczne zdolności naprawczo-homeostatyczne oraz wpływa na więcej niż jedną cechę ustroju jednocześnie (Norman i Bouillon, 2010). Badania ostatnich lat zwracają uwagę na plejotropowe działanie witaminy D3, która wykazuje wpływ nie tylko na gospodarki wapniowo-fosforanową, wodno-elektrolitową i hormonalną, ale także na zjawiska związane z proliferacją i różnicowaniem komórek należących do układu immunologicznego, co wydaje się mieć ścisły związek z etiopatogenezą niektórych schorzeń autoimmunologicznych, nowotworowych i alergicznych (Śledzińska i in., 2010). Zainteresowanie badaczy rolą witaminy D3 w powstawaniu tych schorzeń wiąże się szczególnie ze złożoną strukturą receptora witaminy D-VDR (Vitamin D Receptor). Początkowo analizowano polimorfizm VDR w chorobach związanych z metabolizmem kości, stopniowo poszerzano badania nad znaczeniem receptora witaminy D3 w patogenezie chorób o podłożu autoimmunologicznym i nowotworowym (Vogel i in., 2002; McKay i in., 2009). Szeroki zakres działania witaminy D3 jest najpewniej związany z powszechnym występowaniem jej receptora w różnych komórkach, tkankach i narządach organizmu (serce, żołądek, trzustka, mózg, gonady, aktywowane limfocyty T i B) (Holick, 2004). Obserwacje medyczne prowadzone w ciągu ostatnich dziesięciu lat wskazują, że witamina D może pełnić rolę ochronną przed takimi chorobami jak: nowotwór jelit i piersi, choroby autoimmunologiczne (reumatoidalne zapalenie stawów), cukrzyca, stwardnienie rozsiane, schorzenia sercowo-naczyniowe, wylewy, skleroza, nadciśnienie, stany zapalne jelit, celiakia, grypa, astma, choroby przyzębia, zwyrodnienie płamki żółtej, a nie jedynie wspomagać leczenie krzywicy i osteomalacji. Dla przykładu, jednym z genów regulowanych przez witaminę D jest gen odpowiedzialny za produkcję katelicyny, naturalnie powstającego antybiotyku o szerokim spektrum działania, co chroni organizm przed in-

fekcjami. Ta funkcja witaminy D3 jest szczególnie istotna w przypadku intensywnej produkcji zwierzęcej prowadzonej w warunkach wielkofermowych, gdzie zwierzęta narażone są szczególnie na rozprzestrzenianie się infekcji.

WPLYW WITAMINY D3 NA JAKOŚĆ MIĘSA

Znany jest wpływ witaminy D3 i poziomu wapnia w organizmie na jakość kości. Niedobór tych składników jest przyczyną krzywizny zwierząt młodych i osteomalacji u dorosłych, intensywnie eksploatowanych rozrodczo samic. Problemy zdrowotne, których przyczyną jest niestabilny stan kończyn, są częste w warunkach intensywnego chowu wielkofermowego i zwykle kończą się wyeliminowaniem zwierzęcia ze stada i związanymi z tym stratami ekonomicznymi. Należy podkreślić, że zapotrzebowanie szybko rosnących zwierząt o nowoczesnym genotypie jest coraz większe. Zapewnienie odpowiednio wysokiego poziomu witaminy D3 i wapnia we krwi może przyczynić się do poprawy stanu kości kończyn i poprawić dobrostan zwierząt.

Oprócz kwestii związanych z jakością kośćca należy zwrócić także uwagę na powiązanie witaminy D3 z jakością mięsa. Zwiększenie poziomu witaminy D3 w paszy wpływa na podwyższenie jej zawartości we krwi, ale także w mięsie (Montgomery i in., 2000, 2002; Swanek i in., 1999), co może wpłynąć na jakość mięsa. Zapobieganie występowaniu niepożądanych cech mięsa, takich jak nadmierna bledość i wodnistość lub twardość i suchość, jest koniecznością na każdym etapie łańcucha nowoczesnej produkcji (Swigert i in., 2004). W przypadku wieprzowiny pochodzącej od szybko rosnących, wysoko mięsnych i nieotłuszczających się tuczników, istotną cechą pożądaną przez klientów jest także jej odpowiednia kruchość i soczystość.

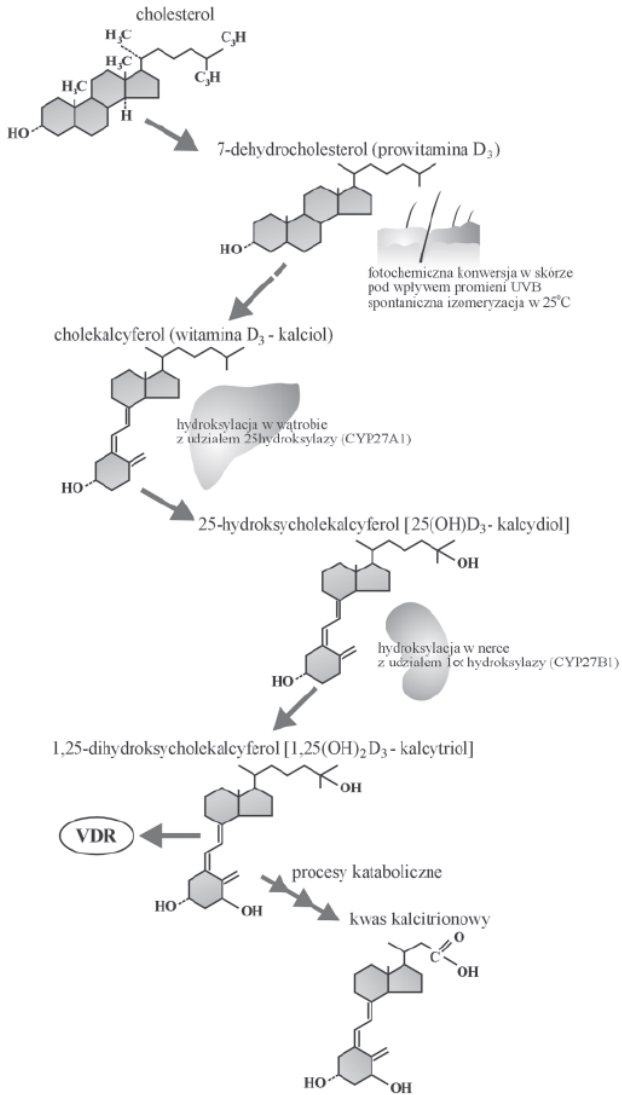
Poubojowe przemiany przekształcające mięśnie w mięso są procesem niezwykle złożonym i nie do końca poznany. Obserwacje przedstawione przez Koochmaraie (1996) sugerują, że bezpośrednio po uboju siła cięcia, a tym samym twardość mięśnia *longissimus*, jest niska lub średnia, następnie rośnie na skutek stężenia pośmiertnego, najwyższą wartość osiągając po 12–24 godzinach. Dalsze przechowywanie półtuszy w odpowiednich warunkach znacznie redukowało twardość ba-

danego mięsa. Głównym czynnikiem kształtującym jedną z najważniejszych cech mięsa, czyli kruchość, jest przebieg proteolizy białek miofibrilarnych zachodzący w czasie poubojowego przechowywania tusz (Koochmaraie, 1994). Osłabienie, a następnie degradacja linii Z, poprzez rozpad białek desminy i titiny pod wpływem enzymów kalpain, prowadzi do fragmentacji włókienek mięśniowych. Poza intensywnością przebiegu procesów enzymatycznych, istotne znaczenie w kształtowaniu się kruchości mięsa ma także tempo zakwaszania mięśni oraz temperatura podczas kruszenia. Aktywność kalpain jest zależna od stężenia jonów wapnia, których wchłanianie i koncentracja we krwi są uzależnione od podaży witaminy D3 (Dransfield, 1993). Wzrost zawartości Ca w mięśniach podnosi aktywność proteolityczną kalpain. Pozytywny wpływ podwyższonego dodatku witaminy D3 w paszy na kruchość mięsa potwierdzono w doświadczeniach na bydle opasowym (Swanek i in., 1999; Montgomery i in., 2000). W mięsie tuczników żywionych mieszankami paszowymi o wyższej zawartości witaminy D3 Wilborn i in. (2004) obserwowali mniejszy swobodny wyciek wody podczas przechowywania, ale nie potwierdzili wpływu na kruchość i barwę mięsa. Ograniczenie strat podczas przechowywania obserwowali także Enright i in. (1998) w mięsie świń otrzymujących zwiększoną ilość witaminy D3 w paszy. Z kolei Wiegand i in. (2002) nie stwierdzili wpływu wyższej ilości witaminy D3 w paszy na wielkość strat podczas przechowywania ani na twardość mięsa. Podobnie jak w doświadczeniu przeprowadzonym w Instytucie Zootechniki, także w innych badaniach (Enright i in., 1998; Wiegand i in., 2002; Wilborn i in., 2004) obserwowano ciemniejszą barwę i większe wysycenie w kierunku czerwieni w mięsie świń żywionych mieszanką z podwyższonym dodatkiem witaminy D3. Wiegand i in. (2002) potwierdzili to po 7 i 14 dniach przechowywania półtuszy w chłodni. Wydaje się więc, że istnieje pewien potencjał podwyższonego dodatku witaminy D3 w paszy jako czynnika pozwalającego na zachowanie bardziej nasyconej barwy mięsa, pożądanej np. na rynku azjatyckim (Miller i Lloyd, 1998). Dalsze prace dotyczące wielkości dawki witaminy D3 oraz długości okresu podwyższonej suplementacji w żywieniu tuczników są niezbędne.

PRZEMIANY WITAMINY D3 W ORGANIZMIE

Witamina D obecna w organizmie wywodzi się z dwóch źródeł: około 90% stanowi forma endogenna pochodząca z przemian skórnych, reszta natomiast jest pobrana z pokarmem. W pierwszym etapie skórnej biosyntezy witaminy D, pod wpływem światła słonecznego UVB (290–315 nm) dokonuje się konwersja 7-dehydrocholesterolu do cholekalcyferolu. 7-dehydrocholesterol zwany prowitaminą D znajduje się w błonach komórkowych keratynocytów naskórka oraz w fibroblastach skóry właściwej (Tukaj, 2008). Powstały związek szybko ulega izomeryzacji w temperaturze skóry (około 25°C) i powstaje cholekalcyferol, czyli cząsteczka witaminy D. W tej właśnie postaci witamina D jest uwalniana z błon do przestrzeni międzykomórkowych, a następnie do krwi i dalej do wątroby. Dla zwierząt gospodarskich utrzymywanych zwykle w budynkach bez dostępu do wybiegów i światła słonecznego, istotnym źródłem tej witaminy jest droga pokarmowa. Witamina D3 podawana jest w premiksach bezpośrednio, w formie cholekalcyferolu. W połączeniu z białkiem nośnikowym (DBP – vitamin D binding protein) przedostaje się poprzez krążenie także do wątroby.

Po przetransportowaniu do wątroby, we frakcji mitochondrialnej hepatocytów cholekalcyferol podlega hydroksylacji z udziałem 25-hydroksylazy, w wyniku której powstaje 25-hydroksycholekalcyferol będący główną postacią witaminy D, i którego poziom najlepiej odzwierciedla ustrojowy zasób witaminy D3. Kolejnym ważnym miejscem przemian witaminy D są nerki. W mitochondriach kanalików proksymalnych nefronu następuje hydroksylacja i utworzenie 1,25-dihydroksycholekalcyferolu (DeLuca, 2004). Szacuje się, że biologiczna aktywność 25-hydroksycholekalcyferolu jest niewielka i przekracza około 1,5-krotnie aktywność cholekalcyferolu, natomiast aktywność 1,25(OH)₂D₃ jest nawet 1000-krotnie wyższa niż aktywność 25(OH)D₃ (Chen i in., 2007; Lips, 2006). Dostępna na rynku, jednakże dotychczas przeznaczona głównie dla drobiu, gotowa forma 25(OH)D₃ pozwala ominąć etap przemian zachodzących w wątrobie, na który nie mamy wpływu i zwiększyć intensywność przyswajania w jelitach (Ryżko, 2001).



Rys. 1. Przemiany witaminy D w organizmie (Tukaj, 2008)

ZASADNOŚĆ WZBOGACANIA ŻYWNOŚCI W WITAMINĘ D₃

Na podstawie badań przeprowadzonych w populacji polskiej niedobór witaminy D₃ (poziom 25(OH)D₃ poniżej 20 ng/ml) stwierdzono u 30% młodzieży i aż u 70% młodych kobiet (Płudowski i in., 2009). Główne przyczyny niedoboru to obniżenie syntezy skórnej związane z zanieczyszczeniem powietrza, zmianą zwyczajów związanych z ekspozycją na słońce, stosowaniem do smarowania skóry silnych filtrów UVB oraz zmniejszona podaż witaminy D z pokarmem. Niedobór witaminy D₃ zaburza sterowanie gospodarką wapniową: przy odpowiedniej ilości witaminy D pula wchłanianego Ca wynosi 30–80%, a przy niedoborze tylko 10–15% (Holick, 2004). Głównym źródłem witaminy D₃ jest jej synteza w skórze pod wpływem działania promieni słonecznych oraz podaż z pokarmem. Ekspozycja na promieniowanie słoneczne u dzieci oraz osób starszych jest jednak zagadnieniem kontrowersyjnym, gdyż wiąże się z ryzykiem rozwoju nowotworów skóry (Grant i Holick, 2005). W związku z tym rola podaży witaminy D z pokarmem wydaje się być coraz istotniejsza (Cannelli i Hollis, 2008; Norman i Bouillon, 2010). Najzasobniejszym jej źródłem są tłuste ryby morskie (30 µg/100 g), olej rybny, podroby (wątroba), żółtka jaj. Spośród mięs pochodzących od zwierząt gospodarskich najwyższą zawartością witaminy D₃ charakteryzuje się wieprzowina (0,5 µg/100 g). Ponadto, uwzględniając jej wysokie spożycie w Polsce, tj. około 40 kg/osobę/rok (przy spożyciu mięsa ogółem 75 kg/osobę/rok) wydaje się, że mięso o podwyższonej zawartości tej witaminy mogłoby być ważnym elementem naszej diety.

Obecnie nie ma jednoznacznie ustalonego optymalnego dawkowania witaminy D₃ w paszy dla świń. Ilości zalecane w normach żywienia trzody chlewnej lub przez producentów pasz i świń, różnią się istotnie. Przedstawione w tabeli 1 przykładowe dawki witaminy D₃ przypadające na 1 kg mieszanki paszowej różnią się nawet 13-krotnie. Tradycyjne dawkowanie tej witaminy pokrywa zapotrzebowanie organizmu wynikające z jej roli w utrzymaniu prawidłowej gospodarki mineralnej, nie uwzględniając dodatkowej ilości witaminy D₃ niezbędnej do wykazania funkcji prozdrowotnych, przeciwzapalnych czy związanych z jakością mięsa. Wyniki najnowszych badań, potwierdzające

wielokierunkowe działanie witaminy D3 w organizmie, nie znajdując jeszcze odzwierciedlenia w praktycznych zaleceniach żywieniowych.

Tabela 1. Zalecana zawartość witaminy D3 w paszy dla tuczników

Źródło	Przedział wagowy zwierząt	IU / kg
Normy Żywienia Świń – Wartość Pokarmowa Pasz, 1993 (IFiZZ PAN, Jabłonna)	30-110 kg mc	500-2000
Zalecenia Pokarmowe i Wartość Pokarmowa Pasz dla Świń – 2015 (IFiZZ PAN, Jabłonna)	30-60 kg mc	1500
	60-90 kg mc	1500
	> 90 kg mc	1000
Poradnik Nowoczesnego Żywienia Świń – Poradnik dla Praktyki, 2009	25-45 kg mc	2000
	45-75 kg mc	2000
	75-110 kg mc	1500
NRC, 1998 *	20-120 kg mc	150
PIC *	25-70 kg mc	1200
	> 70 kg mc	1000
DanBred *	30-100 kg mc	400
DSM, 2011 *	30-70 kg mc	1500-2000
	> 70 kg mc	1000-1500
Średni poziom przemysłowych mieszankach paszowych w USA, 2000 *	grower	1110
	finisher	841
Średni poziom przemysłowych mieszankach paszowych w Hiszpanii, 2000 *	grower/finisher	1650

* Dane wg Barroeta i in. (2012).

BADANIA WŁASNE PRZEPROWADZONE W INSTYTUCIE ZOOTECHNIKI PIB

Cel badań

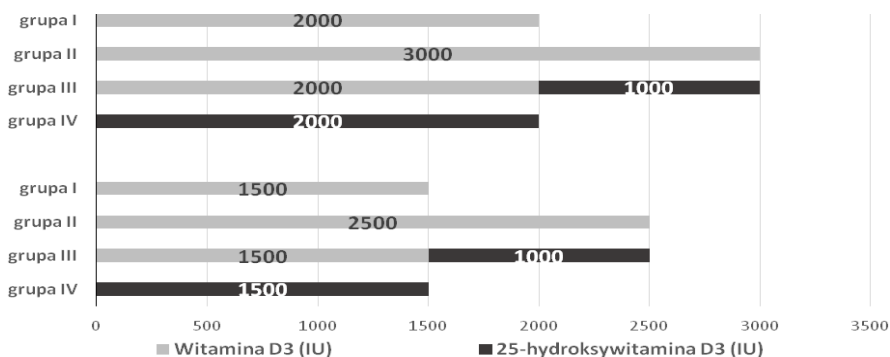
Celem przeprowadzonych doświadczeń było określenie wpływu poziomu oraz formy witaminy D3 (cholekalcyferol vs. 25-hydroksycholekalcyferol) w paszy na wskaźniki produkcyjne i zdrowotne tuczników oraz jakość i trwałość mięsa.

Materiał i metody

Doświadczenie przeprowadzono na 64 tucznikach (32 loszki i 32 wieprzki), które podzielono na 4 grupy, żywione izobiałkowymi i izoenergetycznymi mieszankami paszowymi, różniącymi się jedynie poziomem i formą witaminy D (cholekalcyferol vs. 25-hydroksycholekalcyferol). Obydwie formy witaminy D otrzymano dzięki uprzejmości firmy DSM Nutritional Products Sp. z o.o. z Mszczonowa. Koncentracja pozostałych składników mineralnych i witaminowych w premiksach była dostosowana do potrzeb danej grupy technologicznej zwierząt, a w jej obrębie była identyczna dla każdej z 4 grup objętych badaniami. Układ doświadczenia był następujący (wykres 1):

- grupa I (kontrolna) – grower 2000 IU, finisz 1500 IU wit. D3/kg paszy;
- grupa II – grower 3000 IU, finisz 2500 IU wit. D3/kg paszy;
- grupa III – grower 3000 IU wit. D (w tym 2000 IU wit. D3 + 1000 IU 25(OH)D3), finisz 2500 IU wit. D (w tym 1500 IU wit. D3 + 1000 IU 25(OH)D3);
- grupa IV – grower 2000 IU 25(OH)D3, finisz 1500 IU 25(OH)D3.

Zwierzęta utrzymywano indywidualnie i żywiono dawkowanymi ilościami paszy, w zależności od masy ciała, którą kontrolowano co dwa tygodnie. Tucz doświadczalny prowadzono od około 30 do 110 kg masy ciała.



Wykres 1. Poziom oraz forma witaminy D3 w mieszankach paszowych dla poszczególnych grup w (A) growerowym (30-60 kg mc) oraz (B) finiszermowym (60-110 kg mc) okresie tuczu

Po zakończeniu tuczu wszystkie zwierzęta poddano ubojowi. Po 24-godz. schłodzeniu półtusze w temperaturze +4°C przeprowadzono dysekcyjną ocenę jakości prawych półtuszy oraz pobrano próbki mięsa (*longissimus m.*) z odcinka pomiędzy ostatnim kręgiem piersiowym pierwszym lędźwiowym oraz całe kości udowe (*s. femur*) w celu przeprowadzenia analiz. Jakość mięsa oceniono, przeprowadzając analizy jakościowe: stopień zakwaszenia, barwa, straty podczas przechowywania i obróbki termicznej, wodochłonność, test Warnera-Bratzlera oraz chemiczne: analiza podstawowa, wartość wskaźnika podatności na utlenianie (TBA-RS). W celu określenia stopnia mineralizacji kości udowych tuczników przeprowadzono analizę densytometryczną, badając zawartość składników mineralnych (BMC; g) oraz mineralną gęstość kości (BMD; g/cm²). Statystyczną analizę uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, a istotność różnic pomiędzy średnimi poszczególnych grup określono przy użyciu testu Duncana (Statistica, v. 12).

Wyniki badań

Wskaźniki tuczu

W prezentowanym doświadczeniu analizowano wpływ podwyższonego poziomu witaminy D3 oraz częściowe lub całkowite zastąpienie jej formą 25-hydroksywitaminy D3, na wyniki tuczu oraz jakość tusz świń. Stwierdzono, że średnie dzienne przyrosty masy ciała w całym okresie tuczu, od 30 do 110 kg masy ciała, były wyższe w grupach otrzymujących w paszy większą ilość witaminy D3 oraz w grupach otrzymujących 25-hydroksywitaminę D3, w porównaniu do grupy kontrolnej, odpowiednio o 2,5% oraz o 4,6%.

Tabela 2. Wyniki tuczu świń

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Średnie dzienne przyrosty masy ciała w okresach tuczu (g):					
30–60 kg mc	784 a	833 b	869 b	851 b	8,031
60–110 kg mc	982	976	978	996	8,097
30–110 kg mc	894 a	916 ab	933 b	935 b	6,453
Średnie zużycie paszy na przyrost 1 kg mc (kg):					
30–60 kg mc	2,57 b	2,42 a	2,35 a	2,38 a	0,025
60–110 kg mc	3,10	3,13	3,11	3,06	0,026
30–110 kg mc	2,90	2,86	2,83	2,81	0,021
Wyniki oceny jakości półtuszy:					
Wydatność rzeźna (%)	80,89	81,30	81,19	81,22	0,169
Wyręby podstawowe (kg)	22,57	23,16	23,41	23,23	0,205
Mięsność tuszy (%)	51,65	52,45	52,95	52,31	0,335
Powierzchnia oka polędwicy (cm ²)	58,04	60,55	58,50	58,77	0,794
Średnia grubość słoniny (cm)	2,16	2,09	2,07	2,10	0,037

a, b – średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

Statystycznie istotne różnice stwierdzono tylko w pierwszym okresie tuczu (30–60 kg mc), w którym przyrosty masy ciała we wszystkich grupach doświadczalnych przewyższały przyrosty w grupie kontrolnej o 6–10% ($P \leq 0,05$). Tuczniaki z grup doświadczalnych także lepiej wykorzystywały paszę. W pierwszym okresie tuczu różnice te wynosiły od 5,8 do 8,6% w porównaniu do grupy kontrolnej i były statystycznie istotne ($P \leq 0,05$). W całym okresie tuczu średnie zużycie paszy na jednostkę przyrostu u wszystkich zwierząt kształtowało się na poziomie 2,8–2,9 kg. W prezentowanym doświadczeniu nie stwierdzono istotnego wpływu formy witaminy D ani jej poziomu w paszy na wyniki oceny jakości półtuszy. Mięśność świń, otluszczenie tusz oraz masa wyrębów podstawowych i pole powierzchni polędwicy były zbliżone we wszystkich grupach, chociaż numerycznie nieco korzystniejsze wyniki odnotowano w grupach doświadczalnych.

Jakość mięsa

Kwasowość mięsa była we wszystkich grupach zbliżona: odczyn pH mięsa mierzony 45 minut po uboju wahał się od 6,13 do 6,21; po 24 godzinach przechowywania półtuszy w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$ pH mięsa obniżyło się do 5,67–5,72, a po 72 godz. wynosiło od 5,56 do 5,60.

W grupach otrzymujących witaminę D w formie 25-hydroksywitaminy stwierdzono najmniejszy wyciek swobodny z mięsa (mierzony po 48 godz. przechowywania próbek w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$), który w grupach III i IV wynosił około 3,9%, w porównaniu do grupy kontrolnej, w której miał wartość 4,62%. Po obróbce termicznej wyciek w grupach III i IV był także najmniejszy, tj. o 0,8–0,7 punktów % mniejszy niż w grupie kontrolnej. Także w tych grupach odnotowano po uboju najkorzystniejszy, niższy o około 8%, wskaźnik wodochłonności. Zaobserwowanych różnic nie potwierdzono jako statystycznie istotnych, jednakże na podstawie obserwowanej tendencji, powtarzającej się w kilku powyżej wymienionych analizowanych cechach, wydaje się, że 25-hydroksywitamina może korzystnie wpływać na zdolność mięsa do utrzymania wody własnej, cechy niezwykle ważnej z punktu widzenia technologicznej obróbki mięsa oraz jego walorów kulinarnych. Wodochłonność mięsa badana po 6 miesiącach mrożenia (-18°C) była identyczna we wszystkich grupach.

W przeprowadzonym doświadczeniu analizowano barwę mięsa świeżego oraz po 6-miesięcznym mrożeniu (-18°C). Barwa mięsa i jej zmiana w czasie przechowywania jest cechą istotną dla konsumenta, gdyż głównie ona umożliwia ocenę potencjalnej jakości czy świeżości kupowanego produktu. Na podstawie otrzymanych w doświadczeniu wyników stwierdzono, że po uboju barwa mięsa nie różniła się istotnie pomiędzy grupami, chociaż barwa mięsa świń otrzymujących więcej witaminy D w paszy (grupa II i III) była nieco ciemniejsza i bardziej wysycona w kierunku czerwieni, ale jednocześnie we wszystkich trzech grupach doświadczalnych była także bardziej wysycona w kierunku żółci. Po 6-miesięcznym okresie mrożenia mięso wszystkich zwierząt z grup doświadczalnych (grupy II, III, IV) było bardziej wysycone w kierunku czerwieni i żółci oraz charakteryzowało się większym nasyconiem barwy. Należy podkreślić, że mięso świń otrzymujących częściowo lub całkowicie 25-hydroksyvitaminę (grupa III i IV) w znacznie mniejszym stopniu zmieniło barwę w czasie 6-miesięcznego mrożenia, gdyż wartość wskaźnika ΔE była w tych grupach niższa o około 5–7% w porównaniu do grupy kontrolnej oraz o 3–5% w porównaniu do grupy II żywionej mieszanką o podwyższonym poziomie witaminy D3.

Wyniki analiz chemicznych przeprowadzonych w próbkach mięsa (*longissimus m.*) nie różniły się statystycznie istotnie i nie stwierdzono wpływu poziomu witaminy D3 lub jej formy na podstawowy skład chemiczny mięsa. Zawartość w badanym mięsie suchej masy, białka i tłuszczu była we wszystkich grupach zbliżona. Nie obserwowano także istotnych różnic w trwałości oksydacyjnej badanego mięsa, gdyż średnia wartość wskaźnika TBA-RS w całym doświadczeniu wahała się od 0,518 do 0,548 ($P>0,05$). Zawartość wapnia w próbkach nerek była identyczna we wszystkich grupach, co wyklucza obawy, że zastosowanie w paszy podwyższonego poziomu witaminy D3 mogło spowodować w organizmie hiperkalcemię, a w konsekwencji zwapnienie organów wewnętrznych, zwłaszcza podatnych na ten problem nerek.

Tabela 3. Wskaźniki jakości mięsa (*longissimus m.*)

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Kwasowość mięsa:					
pH 45 min	6,21	6,13	6,20	6,13	0,029
pH 24 godz.	5,71	5,68	5,72	5,67	0,013
pH 72 godz.	5,60	5,57	5,56	5,57	0,008
Straty masy mięsa podczas przechowywania i obróbki termicznej:					
Wyciek swobodny po 48 h (%)	4,62	4,29	3,85	3,87	0,184
Wyciek termiczny (%)	27,36	26,88	26,55	26,67	0,631
Wodochłonność mięsa:					
Wodochłonność po uboju (cm ² /g)	18,35	17,09	16,88	16,86	0,276
Wodochłonność po 6 mies. (cm ² /g)	21,06	21,17	21,91	21,64	0,482
Barwa mięsa po uboju:					
Jasność, *L	52,17	51,53	51,54	52,59	0,272
Wysycenie w kierunku czerwieni, *a	15,94	16,19	16,01	15,68	0,099
Wysycenie w kierunku żółci, *b	2,83	3,07	3,23	3,26	0,082
Nasylenie barwy, C	16,20	16,50	16,34	16,03	0,099
Barwa mięsa po 6 miesiącach mrożenia:					
Jasność, *L	51,65	50,73	51,46	52,29	0,368
Wysycenie w kierunku czerwieni, *a	16,20	17,09	17,02	17,53	0,285
Wysycenie w kierunku żółci, *b	4,28	4,79	4,57	4,46	0,251
Nasylenie barwy, C	16,81	17,81	17,68	18,12	0,291
Zmiana barwy po 6 miesiącach, ΔE					
	3,14	3,08	2,98	2,90	0,207

Tabela 4. Wyniki analiz chemicznych mięsa i nerek

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Mięso (<i>longissimus m.</i>)					
sucha masa (%)	24,10	24,44	24,43	24,54	0,184
białko (%)	23,34	23,25	22,97	23,21	0,121
tłuszcz (%)	1,31	1,52	1,57	1,58	0,087
TBA-RS (mg/kg)	0,518	0,548	0,517	0,538	0,018
Nerka					
wapń (g/kg)	0,072	0,070	0,069	0,070	0,001

Tabela 5. Test Warner-Bratzle'a mięsa (*longissimus m.*) poddanego obróbce termicznej

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Siła cięcia (N)	72,48 b	56,06 a	55,12 a	64,51 ab	2,404
Wytrzymałość (N/cm ²)	157,9 b	124,5 a	122,7 a	139,3 ab	5,599

a, b – średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

W przypadku wieprzowiny pochodzącej od szybko rosnących, wysoko mięsnych i nieotłuszczających się tuczników, istotną cechą jest jej odpowiednia kruchość i soczystość. Na podstawie wyników testu Warner-Bratzle'a w mięsie (*longissimus m.*) stwierdzono, że podwyższony poziom witaminy D w paszy istotnie ($P \leq 0,05$) korzystnie wpłynął na kruchość mięsa, gdyż wartość siły cięcia oraz wytrzymałość mięsa na przecinanie były w grupach II i III istotnie niższe niż w grupie kontrolnej. Zwiększenie poziomu witaminy D poprawiło więc kruchość

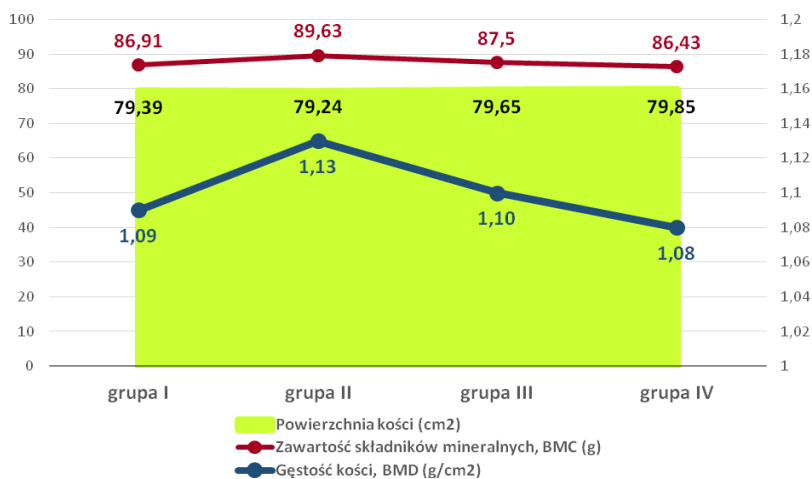
mięsa o około 22%. Całkowite zastąpienie witaminy D3 przez formę 25-hydroksywitaminy również poprawiło kruchość mięsa, gdyż w porównaniu do grupy kontrolnej wartość siły cięcia i wytrzymałość mięsa były w grupie IV niższe o około 11%. Po zastosowaniu badanych w doświadczeniu czynników żywieniowych związanych z ilością i formą witaminy D3 w paszy otrzymane wyniki testu Warner-Bratzle'a są więc bardzo zadowolające z punktu widzenia konsumenta oraz jakości wytworzonych z takiego mięsa produktów.

Jakość kości

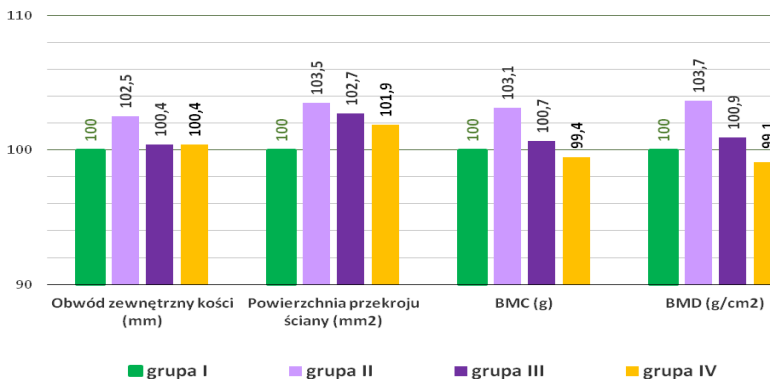
Wpływ ilości i formy witaminy D na jakość kości badano w prezentowanym doświadczeniu, wykonując analizę densytometryczną oraz pomiary geometryczne kości udowych świń. Masa oraz długość ocenianych kości były zbliżone, co wyklucza wpływ wielkości kości na analizowane parametry. W porównaniu do zwierząt kontrolnych, otrzymujących standardową ilość witaminy D3, kości tuczników z grupy II, żywionych mieszanką zawierającą podwyższony poziom witaminy D3, charakteryzowały się największą gęstością mineralną ocenianą za pomocą wskaźników BMC oraz BMD, których wartości przewyższały grupę kontrolną o ponad 3% oraz najszerszym obwodem trzonu kości i największą powierzchnią grubości ścian, które były wyższe o ponad 2% niż w grupie kontrolnej. Całkowite zastąpienie witaminy D3 przez jej formę 25(OH)D3, przy standardowej ilości w mieszance paszowej, nie przyczyniło się jednak do poprawy stopnia mineralizacji kości lub grubości ich ściany.

Tabela 6. Wskaźniki biometryczne kości udowych (*s. femur*)

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Masa (g)	337,75	337,73	336,42	337,90	2,156
Długość (mm)	200,17	200,67	205,00	202,50	0,097
Obwód (mm)	86,83	89,00	87,17	87,16	0,109
Średnica zewnętrzna (mm)	25,52	26,58	25,72	25,45	0,284
Średnica wewnętrzna (mm)	15,03	16,34	14,97	14,60	0,329
Powierzchnia przekroju (mm ²)	334,00	345,72	343,03	340,28	7,733



Wykres 2. Analiza densytometryczna kości udowych



Wykres 3. Wpływ ilości i formy witaminy D na gęstość mineralną i grubość ścian kości udowych (wyniki grupy I kontrolnej przyjęto jako 100%)

Wskaźniki krwi

We krwi świń badano poziom 25-hydroksywitaminy D3 oraz wapnia po zakończeniu okresu doświadczalnego. Stwierdzono istotnie ($P \leq 0,01$) wyższą koncentrację 25(OH)D3 u tuczników ze wszystkich grup doświadczalnych, w porównaniu do grupy kontrolnej. Zwiększenie poziomu witaminy D3 w mieszance paszowej grupy II o 1000 IU zwiększyło poziom jej metabolitu 25-hydroksywitaminy D3 we krwi o 61% w porównaniu do grupy kontrolnej. Natomiast, przy tym zwiększonym poziomie zastąpienie 1/3 witaminy D3 jej formą 25(OH)D3 (grupa III) podniosło zawartość 25-hydroksywitaminy D3 we krwi o 95% w porównaniu do grupy II. Całkowite zastąpienie witaminy D3 jej formą 25(OH)D3, przy standardowej ilości w mieszance paszowej (grupa IV), pozwoliło na podniesienie zawartości 25-hydroksywitaminy we krwi o 236% w porównaniu o grupy kontrolnej. W prezentowanym doświadczeniu poziomy 25-hydroksywitaminy D3 we krwi tuczników doświadczalnych były zbliżone do wyników obserwowanych u świń utrzymywanych w systemie „outdoor”, na wybiegach ze stałym dostępem do światła słonecznego, co potwierdza lepsze zaopatrzenie organizmu w witaminę D3 po zastosowaniu wyższej od standardowo stosowanej dawki tej witaminy lub wprowadzeniu jej bardziej aktywnej for-

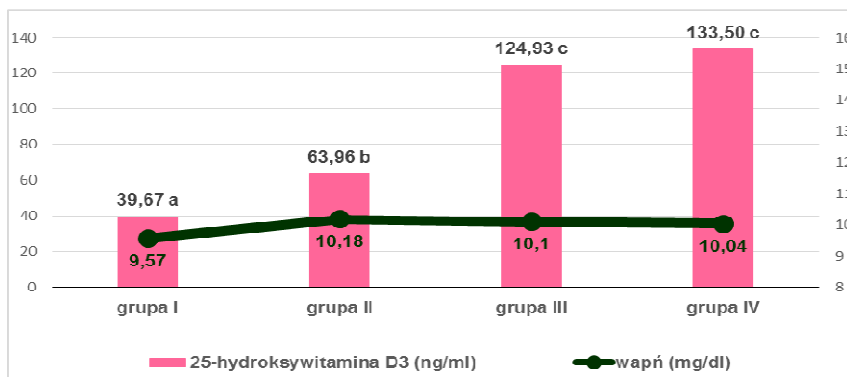
my 25(OH)D3. Poziom wapnia we krwi wszystkich tuczników objętych badaniami utrzymywał się w dolnej części normy, co nie jest korzystne w przypadku szybko rosnących zwierząt. Zaopatrzenie organizmu tuczników doświadczalnych w wapń było lepsze o około 5–6%, przy czym najwyższy poziom odnotowano w grupie II otrzymującej mieszankę paszową o podwyższonym poziomie witaminy D3 ($P>0,05$). Wyniki analiz hematologicznych (ilość elementów morfotycznych, zarówno krwinek białych, czerwonych i płytek krwi, jak również wartości wskaźników erytrocytarnych) nie różniły się statystycznie istotnie pomiędzy grupami.

W profilu kostnym obserwowano, poza omówionym powyżej wyższym poziomem wapnia, porównywalny we wszystkich grupach poziom fosforu we krwi. Poziom parathormonu w grupach doświadczalnych był nieco niższy ($P>0,05$) niż w grupie kontrolnej, co może wskazywać na właściwą w tych grupach zawartość jonów Ca^{+2} i brak konieczności aktywowania parathormonu celem uwolnienia z kości zapasu wapnia oraz zwiększania wchłaniania zwrotnego w nerkach. Korzystniejsze niż w grupie kontrolnej zaopatrzenie organizmu w witaminę D3 i wapń, jak również brak potrzeby korzystania z zapasów organizmu, potwierdza także istotnie niższy poziom enzymu fosfatazy zasadowej, szczególnie u zwierząt otrzymujących 25-hydroksywitaminę D3 ($P\leq 0,05$). Poziom hormonu kalcytoniny był we wszystkich grupach zbliżony, co sugeruje, że poziom jonów wapnia nie był nadmierny.

Celem skontrolowania funkcjonowania nerek, które mogłyby być zaburzone na skutek ewentualnej hiperkalcemii i zwapnienia wywołanego zastosowanymi czynnikami doświadczalnymi, przeprowadzono badanie profilu nerkowego. Wskaźniki krwi oznaczone w ramach profilu nerkowego były zbliżone we wszystkich grupach, a ich wartości nie wskazują na występowanie problemów z funkcjonowaniem nerek.

Opisywane w literaturze prozdrowotne działanie podwyższonego poziomu witaminy D3, także ochronne w przypadku infekcji bakteryjnych, oceniano na podstawie wskaźnika stanu zapalnego CRP. We wszystkich grupach poziom tego wskaźnika mieścił się w normie, mimo to podkreślić należy jego istotnie niższe wartości ($P\leq 0,05$) u zwierząt otrzymujących większą ilość witaminy D3 w paszy, tj. o ponad 25% w porównaniu do grupy kontrolnej oraz u zwierząt otrzymujących

w paszy formę 25(OH)D₃, tj. o 52–58% w porównaniu do grupy kontrolnej. Wynik ten sugeruje możliwość poprawy statusu zdrowotnego zwierząt utrzymywanych w warunkach wielofermowych oraz wsparcia ich odporności na infekcje bakteryjne poprzez zwiększenie dodatku witaminy D₃ do paszy lub zastąpienie jej przez formę 25-hydroksywitaminy.



Wykres 4. Poziom 25-hydroksywitaminy D₃ oraz wapnia we krwi (a, b – średnie w wierszu oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$)

Tabela 7. Wskaźniki krwi

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne				SEM
	I (kontrolna)	II	III	IV	
Badanie morfologiczne krwi:					
WBC	19,96	19,88	20,33	21,87	0,649
RBC	7,11	7,03	6,96	7,08	0,103
HGB	13,29	13,12	13,08	13,07	0,189
HCT	38,23	37,58	36,98	37,88	0,525
MCV	53,94	53,53	53,27	53,55	0,643
MCH	18,31	18,72	18,67	18,47	0,221
MCHC	32,60	34,98	35,02	34,50	0,665
PLT	340,14	309,83	380,17	328,17	28,508
Profil kostny:					
Wapń	9,57	10,18	10,10	10,04	0,096
Fosfor	2,99	2,98	2,84	2,91	0,035
Parathormon	21,31	20,13	19,18	18,77	2,201
Kalcytonina	8,81	8,62	8,69	8,44	0,074
Fosfataza zasadowa	530,89 b	443,0 ab	377,25 a	405,13 a	18,470
Białko całkowite	63,74	64,00	64,10	64,94	0,635
Albuminy	42,09	41,83	40,18	42,31	0,532
Profil nerkowy:					
Sód	141,56	139,70	139,22	138,36	0,484
Potas	5,85	5,55	5,91	6,43	0,169
Magnez	2,10	2,08	2,07	2,05	0,033
Mocznik	36,06	36,06	38,04	36,35	0,669
Kreatynina	1,11	1,13	1,13	1,15	0,024
Wskaźnik stanu zapalnego:					
CRP	0,85 b	0,63 ab	0,35 a	0,40 a	0,071

WBC – ilość krwinek białych leukocytów, RCB – liczba krwinek czerwonych erytrocytów, MCV – średnia objętość krwinki czerwonej, MCH – średnia masa hemoglobiny w krwince, MCHC – stężenie hemoglobiny w krwince, HGB – stężenie hemoglobiny, HCT – wartość hematokrytu, PLT – ilość płytek krwi trombocytów, CRP – białko C-reaktywne.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że większa od standardowo stosowanej ilość witaminy D3 w paszy oraz zastosowanie 25-hydroksywitaminy D3 korzystnie wpłynęło na wzrost swni w początkowym okresie tuczu oraz zaopatrzenie organizmu w witaminę D3 i wapń. Mięso swni otrzymujących 25-hydroksywitaminę charakteryzowało się lepszą wodochłonnością i mniejszymi stratami podczas przechowywania i obróbki termicznej, co sugeruje możliwość stosowania tej formy witaminy jako żywieniowego czynnika poprawiającego jakość mięsa. Wprowadzenie 25-hydroksywitaminy do paszy w większym stopniu ogranicza zmiany barwy mięsa po okresie przechowywania w zamrozeniu. Kości udowe były lepiej zmineralizowane oraz miały grubsze ściany odcinka trzonowego u zwierząt żywionych mieszanką paszową z podwyższoną zawartością witaminy D3. Obniżony poziom we krwi wskaźnika stanu zapalnego sugeruje możliwość poprawy statusu zdrowotnego zwierząt poprzez podwyższenie ilości witaminy D3 w paszy lub jeszcze bardziej poprzez zastąpienie jej formą 25-hydroksywitaminy D3.

Literatura

AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemist, Official Methods of Analysis. In: 18th Edition by AOAC International, Revision II 2007, USA.

Barroeta A.C., Baucells M.D., Blanco Perez A., Calsamiglia S., Casals R., Cepero Briz R., Davin R., Gonzalez G., Hernandez J.M., Isabel B., Lopez Bote C., Rey I.A., Rodriguez M., Sanz J., Soto-Salanova M.F., Weber G. (2012). Optimum vitamin nutrition in the production of quality animal foods. DSM Nutritional Products Ltd.

Canell J., Hollis B.W. (2008). Use of vitamin D in clinical practice. *Alternative Med. Rev.*, 13 (1): 6–20.

Chen T.C., Chimeh F., Lu Z., Mathieu J., Person K.S., Zhang A., Kohn N., Martinello S., Berkowitz R., Holick M.F. (2007). Factors that influence the cutaneous synthesis and dietary sources of vitamin D. *Arch. Biochem. Biophys.*, 460: 213–217.

DeLuca H.F. (2004). Overview of general physiologic features and functions of vitamin D. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80: 1689S–1696S.

Enright K.L., Anderson B.K., Ellis M., McKeith F.K., Berger L.L., Baker D.H. (1998). The effects of feeding high levels of vitamin D3 on pork quality. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1), p. 149 (Abstr).

Grant W.B., Holick M.F. (2005). Benefits and requirements of vitamin D for optimal health: A review. *Altern. Med. Rev.*, 2: 94–111.

Grau R., Hamm R. (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. In: *Naturwissenschaften.*, 40, p. 29.

Grela E.R., Pastuszek J., Bloch U. (2009). *Poradnik nowoczesnego żywienia świń – Zalecenia dla praktyki. Stowarzyszenie Rozwoju Regionalnego i Lokalnego „Progress”, Lublin.*

Grela E.R., Skomial J. red. (2015). *Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Wyd. II poprawione. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.*

Holick M.F. (2004). Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Amy. J. Clin. Nutr.*, 80: 1678S–1688S.

Holick M.F. (2006). Vitamin D: a millenium perspective. *J. Cell Biochem.*, 88: 296–307.

Honikel K.O. (1997). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 59 (4): 573–582.

Koohmaraie M. (1996). Biochemical Factors Regulating the Toughening and Tenderization Processes of Meat. *Meat Sci.*, 43, No. S: S193–S201.

Lips P. (2003). Vitamin D physiology. *Prog. Biophys. Mol. Biol.*, 92: 4–8.

McKay J.D., McCullough M.L., Ziegler R.G., Kraft P., Saltzman B.S., Riboli E., Barricarte A., Berg C.D., Bergland G., Bingham S., Brustad M., Bueno-de-Mesquita H.B., Burdette L., Buring J., Calle E.E., Chanock S.J., Clavel-Chapelon F., Cox D.G., Dossus L., Feigelson H.S., Haiman C.A., Hankinson S.E., Hoover R.N., Hunter D.J., Husing A., Kaaks R., Kolonel L.N., Le Marchand L., Linseisen J., McCarty C.A., Overvad K., Panico S., Purdue M.P., Stram D.O., Stevens V.L., Trichopoulos D., Willett W.C., Yuenger J., Thun M.J. (2009). Vitamin D receptor polymorphisms and breast cancer risk: results from the National Cancer Institute Breast and Prostate Cancer Cohort Consortium. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 18 (1): 297–305.

Miller R.K., Lloyd W.R. (1998). Japanese perception of pork quality. In: *Proc. Pork Quality Summit*, Des Moines, IA, pp. 34–38.

Montgomery J.L., Parrish F.C., Beitz D.C. Jr., Horst R.L., Huff-Loneragan E.J., Trenkle A.H.. (2000). The use of vitamin D3 to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.*, 78, 2615–2621.

Montgomery J.L., Carr M.A., Kerth C.R., Hilton G.C., Price B.P., Galyean M.L., Horst R.L., Miller M.F. (2002). Effect of Vitamin D3 supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. *J. Anim. Sci.*, 80: 971–982.

Normy żywienia świń – Wartość pokarmowa pasz. (1993). Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna, Omnitech Press Warszawa.

Pikul J., Leszczyński D., Kummerow M.A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.*, 37, p. 1309.

Płudowski P., Karczmarewicz E., Czech-Kowalska J., Kryśkiewicz E., Skorupa E., Dobrzańska A., Gruszczyński D., Łukaszewicz J., Lorenc R.S. 2009. Nowe spojrzenie na suplementację witaminą D. *Standardy Med. Pediatria*, 6: 23–41.

Różycki M., Tyra M. (2010). The procedure of pigs fattening and slaughter value estimation at Swine Performance Testing Stations. Report of pig breeding in Poland. In: Edition of National Research Institute of Animal Production, Krakow ISSN: 0239-5096. vol. XXVIII: 93–112.

Ryżko J. (2001). Gospodarka wapniowo-fosforanowa w stanach fizjologii i patologii układu pokarmowego. *Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka*, 3, 2: 111–117.

Swanek S.S., Morgan J.B., Owens F.N., Gill D.R., Strasia C.A., Dolezal H.G., Ray F.K. (1999). Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.*, 77: 874–881.

Swigert K.S., McKeith F.K., Carr T.C., Brewer M.S., Culbertson M. (2004). Effects of dietary vitamin D3, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality *Meat Sci.*, 67: 81–86.

Śledzińska K., Góra-Gębka M., Kamińska B., Liberek A. (2010). Plejotropowe działanie witaminy D3 ze szczególnym uwzględnieniem jej roli w chorobach układu pokarmowego u dzieci. *Medycyna Wieku Rozwojowego XIV*, 1: 59–67.

Tukaj C. (2008). Właściwy poziom witaminy D warunkiem zachowania Zdrowia. *Postępy Hig. Med. Dośw. (online)*, 62: 502–510.

Vogel A., Strassburg C., Manns M. (2002). Genetic Association of vitamin D Receptor Polymorphisms with Primary Biliary Cirrhosis and Autoimmune Hepatitis. *Hepatology*, 35: 126–131.

Spis treści

Znaczenie witaminy D3 w organizmie	3
Wpływ witaminy D3 na jakość mięsa	4
Przemiany witaminy D3 w organizmie.	6
Zasadność wzbogacania żywności w witaminę D3	8
Badania własne przeprowadzone w Instytucie Zootechniki. . .	10
Cel badań	10
Materiał i metody	10
Wyniki badań.	12
Wskaźniki tuczu	12
Jakość mięsa	13
Jakość kości.	17
Wskaźniki krwi	19
Podsumowanie wyników badań	23
Literatura	24

NOTATKI