

Cynk w żywieniu psów i kotów. Część I. Znaczenie, zawartość w organizmie, użyteczność różnych postaci chemicznych, zawartość w karmach komercyjnych

Adam Mirowski

z Katedry Nauk Morfologicznych Wydziału Medycyny Weterynaryjnej w Warszawie

Żywienie jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na stan zdrowia. Szczególną uwagę należy zwrócić na składniki mineralne. Jednym z niezbędnych dla organizmu pierwiastków jest cynk. Oddziałuje on na aktywność wielu enzymów i hormonów, przez co reguluje różne procesy zachodzące w ustroju. Odgrywa istotne role w syntezie kwasów nukleinowych i białek, a także w metabolizmie węglowodanów. Reguluje działanie enzymatycznego układu antyoksydacyjnego. Ma ważne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania układu immunologicznego i skóry. Uczestniczy w gojeniu się ran. Do głównych objawów niedoboru cynku należy pogorszony stan skóry i okrywy włosowej. Okrywa włosowa staje się przerzedzona, a wzrost włosów spowolniony. Mogą pojawić się wyłysienia. Zmiany patologiczne w skórze łączy się z działaniem stresu oksydacyjnego. Niedobór tego pierwiastka może doprowadzić do zmian w układzie limfatycznym, a także zaburzeń spermatogenezy i pogorszonego funkcjonowania narządu wzroku. W okresie wzrostu może mieć negatywny wpływ na przyrosty masy ciała (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Zawartość cynku w organizmie w różnych stanach fizjologicznych i patologicznych

Ważnym wskaźnikiem zaopatrzenia organizmu w cynk jest jego stężenie we włosach. Polscy autorzy w badaniach przeprowadzonych na kotach znacznie wyższe stężenie wykryli we włosach samic wolno żyjących niż tych utrzymywanych w warunkach domowych. Mogło to wynikać z różnic w diecie, jakkolwiek podobnych spostrzeżeń nie dokonano w przypadku samców. Biorąc pod uwagę wiek, wyższe stężenie stwierdzono we włosach osobników starszych, jednak różnica nie była statystycznie istotna. Podkreślono zależność między stężeniem cynku we włosach a wysyceniem melaniną. Najmniej tego pierwiastka wykryto we włosach białych, a najwięcej we włosach kotów o umaszczeniu szylkretowym (9). Analizując stężenia cynku w surowicy krwi kotów tureckich van, najwyższe odnotowano u osobników z oboma oczami niebieskimi. Osobniki z oboma oczami bursztynowymi lub jednym okiem niebieskim, a drugim bursztynowym miały ponad dwa razy niższe jego stężenie. Nie wykazano istotnego związku z wiekiem, płcią ani długością włosów (10).

Zinc in canine and feline nutrition. Part I. Biological significance, body contents, usefulness of different chemical forms and concentrations in commercial pet foods

Mirowski A., Department of Morphological Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Warsaw University of Life Sciences – SGGW

This paper aims at the presentation of zinc role in small animals nutrition. Nutrition is of the most important factors influencing animal health status. Special attention should be given to an adequate intake of minerals. One of them is zinc, a trace element that is the component of several enzymes, including DNA and RNA polymerases and carbonic anhydrase. Zinc affects nucleic acids and proteins synthesis as well as carbohydrate metabolism. This essential element promotes generation of antioxidants and influences immune functions. It is necessary for integumentary system. Zinc nutritional deficiency causes skin problems and poor coat condition. Moreover, it can lead to the pathological changes in lymphatic system, disturbances in spermatogenesis and eye dysfunctions. Zinc deficiency during growth reduces weight gain. Here, the major aspects connected with zinc in dog and cat feeding were presented and described.

Keywords: veterinary nutrition, zinc, dog, cat.

W badaniach przeprowadzonych na kotach tej rasy stwierdzono, że stężenia cynku we krwi i włosach są obniżone w okresach zwiększonej ich utraty (11). Jego stężenia w surowicy krwi i we włosach mogą być obniżone u psów z dermatozą cynko-zależną (12), która może mieć różne przyczyny. Dająca się leczyć dermatozą spowodowaną upośledzoną absorpcją cynku, rozwijająca się nawet mimo prawidłowego żywienia, występuje głównie u psów ras

siberian husky i alaskan malamute. U szybko rosnących szczeniąt dermatozą cynko-zależną może wystąpić w wyniku żywienia karmami ubogimi w ten pierwiastek i/lub bogatymi w związki hamujące jego wchłanianie, takie jak kwas fitynowy. Do jej rozwoju może doprowadzić też nadmierna suplementacja niektórych składników mineralnych, zwłaszcza wapnia (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).

U szczeniąt psa faraona opisano dermatozę cynkozależną podobną do śmiertelnego akrodermalnego zapalenia skóry u bullterierów. W większym stopniu przypominała ona jednak zespół Danbolta-Clossa (*acrodermatitis enteropathica*) – chorobę występującą u ludzi (20). Obniżone stężenie cynku w surowicy krwi notowano też u psów z innymi chorobami skóry (21, 22, 23), aczkolwiek nie jest to regułą. Można w tym miejscu przytoczyć badania, w których analizowano jego stężenia u psów zdrowych, psów z chorobami innymi niż dermatologiczne, psów z alergicznymi chorobami skóry i psów z innymi chorobami dermatologicznymi. Nie wykryto istotnych różnic między tymi czterema grupami (24). Z kolei w pracy porównującej stężenie cynku w surowicy krwi psów z wypryskiem, które przez swoich opiekunów były karmione mięsem, chlebem i resztkami ze stołu, ze stężeniem tego pierwiastka u zdrowych osobników żywionych karmami komercyjnymi, wyższe stwierdzono u chorych. Towarzyszyło temu niższe stężenie miedzi (25). Ponadto nie wykazano, aby zmiany skórne u psów z niedoczynnością tarczycy miały związek z niedoborem cynku (26).

Obniżonego stężenia cynku nie odnotowano u psów z grzybicą wywołaną przez *Microsporum canis* (27). Obserwuje się je natomiast u osobników z biegunką (28), jakkolwiek nie stwierdzono go u seterów irlandzkich z nietolerancją glutenu. Nie wykazano związku tej choroby z zaburzeniami bilansu cynku w organizmie (29). Obniżone stężenie tego pierwiastka może być związane z różnymi chorobami wywołanymi przez pasożyty wewnętrzne (30, 31, 32, 33, 34, 35, 36). Wykryto je też w surowicy krwi oraz w trzustce i mięśniach sercowym psów z doświadczalnie wywołaną zewnątrzwydzielniczą niewydolnością trzustki (37). W porównaniu do zdrowych psów, stężenie cynku jest niższe w surowicy krwi pacjentów z chłoniakiem lub kostniakomięsakiem (38), a także z nowotworami złośliwymi gruczołu sutkowego (39). Guzy tego gruczołu mają zdolność do gromadzenia cynku (40), podobnie nowotwory skóry (41). Choroba nowotworowa gruczołu sutkowego z przerzutami do płuc nie ma natomiast istotnego wpływu na jego zawartość w narządach mięszzowych (42). Oznaczając cynk w próbkach wątroby pobranych od

prawie stu psów z podejrzeniem choroby tego narządu, wysokie stężenie stwierdzono zaledwie w kilku przypadkach (43). Niskie z kolei obserwowano u psów rasy labrador retriever z zapaleniem wątroby niezwiązanym z odkładaniem się miedzi (44).

Stężenie cynku jest wyższe w dziąśle objętym stanem zapalnym niż w zdrowym, co wynika z jego udziału w gojeniu się zapalnie zmienionych tkanek miękkich (45). Wskazano na możliwy związek między niedoborem tego pierwiastka w organizmie a kompulsywnym gonieniem własnego ogona u bullterierów, jakkolwiek jego udział nie został dotychczas wyjaśniony (46, 47, 48). Warto też zwrócić uwagę na pracę dotyczącą związku między niedoborem cynku a agresją u psów. Nie wykazano jednak, aby osobniki agresywne miały niższe stężenie cynku w surowicy krwi niż osobniki nieagresywne (49). Stężenie cynku może ulec zmianie na skutek wysiłku fizycznego. Stwierdzono znaczny wzrost stężenia w osoczu krwi psów po intensywnym wysiłku (50). Mogło to wynikać choćby z uwalniania go z uszkodzonych mięśni (51). Zainteresowano się również wpływem ciąży na metabolizm tego pierwiastka. Nie odnotowano jednak istotnych zmian jego stężenia w surowicy krwi suk w okresie ciąży (52). Stężenie to jest natomiast zależne od wieku. W badaniach przeprowadzonych na mniej więcej ośmiuset psach rasy beagle zauważono, że starszy wiek jest związany z wyższym stężeniem cynku (53). W okresie wzrostu zawartość cynku w organizmie wzrasta. Najniższa jest w pierwszych dniach życia (54).

Stężenie cynku w diecie i jego forma chemiczna, jako czynniki o ważnym znaczeniu żywieniowym

Źródłem cynku dla osesków jest wydzielina gruczołu sutkowego (55, 56, 57, 58, 59). W późniejszych okresach cynk jest dostarczany wraz z innymi pokarmami, a jego stężenie i forma chemiczna są czynnikami o ważnym znaczeniu żywieniowym. W badaniach przeprowadzonych na szczeniętach labradora stwierdzono, że stężenie cynku wynoszące 50 mg/kg, odpowiadające średniemu dziennemu pobraniu wynoszącemu 14,7 mg, jest wystarczające w pierwszych miesiącach życia. Szczenięta otrzymujące taką ilość cynku przybierały na wadze prawie identycznie jak te, których karma zawierała 200 mg/kg (średnie dzienne pobranie wynoszące 57,9 mg). Wszystkie osobniki charakteryzowały się dobrym stanem skóry i okrywy włosowej (60). Wyższe zapotrzebowanie na ten składnik wykazano z kolei w badaniach przeprowadzonych na szczeniętach, które w okresie poddawania żywionym suchą karmą kontrolną lub taką samą karmą, lecz wzbogaconą

w cynk w postaci tlenku lub organicznego połączenia z metioniną w ilości 50 lub 100 mg cynku/kg. Nie odnotowano istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka we włosach. Różnice w diecie nie miały też wpływu na długość włosów i masę ich próbek. Szczenięta otrzymujące wzbogacone karmy charakteryzowały się wyższymi przyrostami masy ciała. Stężenie cynku w karmie kontrolnej nieznacznie przekraczało 50 mg/kg. Świadczy to o tym, że taka ilość może być niewystarczająca dla szczeniąt (61).

Przeprowadzono też badania nad wpływem organicznego cynku, miedzi i manganu na rozród psów. Efektem częściowego zastąpienia postaci nieorganicznej tych pierwiastków postacią organiczną, w diecie suk w okresie ciąży i laktacji, była wyższa o 1,1 średnia liczebność miotu. Co więcej, ich włosy wyglądały na gładkie, jakkolwiek nie wykryto w nich istotnych różnic stężeń cynku ani dwóch pozostałych pierwiastków (62). Obserwowano u szczeniąt oraz suk w okresie ciąży i laktacji brak wpływu postaci chemicznej cynku na gromadzenie się tego pierwiastka we włosach może wynikać z nasilonego wykorzystywania go przez organizm, w procesach wzrostu i rozrodu. Szybszy wzrost włosów i wyższe stężenie w nich cynku na skutek zastosowania jego postaci organicznej (chelatu aminokwasowego), zamiast nieorganicznej (tlenku cynku), stwierdzono natomiast w badaniach przeprowadzonych na dorosłych osobnikach niebędących w ciąży ani w laktacji. Towarzyszyło temu wydalanie mniejszych jego ilości z kałem. Wykazano ponadto, że użycie chelatu aminokwasowego zapobiega nasilonemu wydalaniu tego pierwiastka spowodowanemu zwiększoną podażą wapnia (63). Na podstawie wyników badań przeprowadzonych z użyciem cynku w postaci tlenku, chelatu aminokwasowego i kompleksu polisacharydowego można wnioskować, że najwyższą dostępnością biologiczną charakteryzuje się cynk właśnie w postaci chelatu aminokwasowego (64). Także w porównaniu z cynkiem w postaci propionianu, cynk w formie tlenku jest gorzej dostępny (65). Innym często stosowanym związkiem nieorganicznym jest siarczan cynku. W badaniach przeprowadzonych na psach żywionych suchą karmą komercyjną zauważono, że zastąpienie go cynkiem w postaci organicznego połączenia z metioniną i glicyną zwiększa tempo wzrostu włosów i powoduje, że są one gładkie. Towarzyszy temu wyższe stężenie cynku we włosach i w osoczu krwi, co wynika z lepszej dostępności biologicznej postaci organicznej (66). Autorzy innej pracy doszli do wniosku, że pozytywne efekty zastąpienia nieorganicznych źródeł tego pierwiastka źródłami organicznymi można oczekiwać tylko

w określonych warunkach, takich jak wysoka zawartość w karmie kwasu fitynowego i/lub wapnia (8). Warto też zwrócić uwagę na badania nad wchłanianiem i wydalaniem cynku u szczeniąt, którym podawano dodatek tego pierwiastka w postaci tlenku, siarczynu lub octanu, w dawce dziennej wynoszącej 0, 2 lub 4 mg cynku/kg m.c. Wykazano, że wraz ze wzrostem dawki wzrasta jego stężenie zarówno w kale, jak i w moczu. Zaproponowano używanie siarczynu cynku w dawce dziennej wynoszącej 2 mg cynku/kg m.c. Szczenięta te żywiono markową pełnoporcjową suchą karmą komercyjną przeznaczoną dla psów w okresie wzrostu, w której stężenie cynku wynosiło 180 mg/kg (67).

Karmy komercyjne zasadniczo spełniają zalecenia dotyczące zawartości cynku

Źródłami cynku w karmach komercyjnych są surowce użyte do ich produkcji, a także dodatki mineralne. Wzbogacanie karm w procesie produkcji w związku cynku wynika między innymi z tego, że same surowce mogą zawierać zbyt mało tego pierwiastka. Mączki sojowe dostępne na amerykańskim rynku zawierają 38–58 mg cynku/kg. Mniej jest go w kukurydzy, mianowicie 14–28 mg/kg (68). Jeszcze uboższym źródłem jest ryż, który może zawierać jedynie nieznacznie ponad 10 mg cynku/kg (69, 70). Więcej tego składnika jest natomiast w mączkach zwierzęcych. W pracy amerykańskich autorów stężenie cynku w mączkach drobiowych, przeznaczonych do produkcji karm, wahało się od 74 do 119 ppm (71). Średnie stężenie w mączkach mięsno-kostnych produkowanych w USA i Kanadzie nieznacznie przekracza 93 ppm (72). Ponadto surowce stosowane w produkcji karm komercyjnych mogą zawierać związki hamujące wchłanianie cynku, takie jak kwas fitynowy. W dużych ilościach występuje on w ziarnach zbóż. Jego źródłem są także mączki sojowe. Objawy niedoboru cynku opisywano u psów żywionych niskiej jakości karmami opartymi na tych surowcach (15, 73, 74, 75).

Według AAFCO (Association of American Feed Control Officials) stężenie cynku w karmie dla psów nie powinno być niższe niż 120 mg/kg s.m. i nie wyższe niż 1000 mg/kg s.m. W przypadku kotów wartości te wynoszą odpowiednio 75 i 2000 mg/kg s.m. (76). Warto prześledzić dane literaturowe dotyczące zawartości tego pierwiastka w karmach komercyjnych. Chilijscy autorzy, porównując z zaleceniami AAFCO składy kilkudziesięciu, dostępnych na tamtejszym rynku, suchych karm dla psów w okresie wzrostu i dla psów dorosłych, prawidłowo stężenie cynku stwierdzili w mniej więcej 80% przypadków. Żadna z przebadanych karm nie

zawierała nadmiernej ilości tego składnika (77, 78). W ostatnim czasie opublikowano wyniki badań nad zawartością kilku nastu pierwiastków, między innymi cynku, w karmach komercyjnych dostępnych w Brazylii, która jest w światowej czołówce pod względem ich sprzedaży. W przebadanych trzydziestu czterech próbkach suchych karm dla szczeniąt i dla psów dorosłych stężenie tego pierwiastka generalnie odpowiadało wartościom wyznaczonym przez AAFCO (79). Podsumowując, można stwierdzić, że obecnie produkowane karmy komercyjne zasadniczo spełniają zalecenia odnośnie do zawartości cynku. Jakkolwiek jego stężenie w karmach gorszej jakości może być zbyt niskie. W drugiej części artykułu zostaną zawarte praktyczne uwagi dotyczące problematyki cynku w żywieniu psów i kotów.

Piśmiennictwo

- Jacobson S.G., Meadows N.J., Keeling P.W., Mitchell W.D., Thompson R.P.: Rod mediated retinal dysfunction in cats with zinc depletion: comparison with taurine depletion. *Clin. Sci. (Lond)*. 1986, **71**, 559-564.
- Kane E., Morris J.G., Rogers Q.R., Ihrke P.J., Cupps P.T.: Zinc deficiency in the cat. *J. Nutr.* 1981, **111**, 488-495.
- Kim Y.J., Kang J.H., Yang M.P.: Zinc increases the phagocytic capacity of canine peripheral blood phagocytes *in vitro*. *Vet. Res. Commun.* 2009, **33**, 251-261.
- Robertson B.T., Burns M.J.: Zinc metabolism and the zinc-deficiency syndrome in the dog. *Am. J. Vet. Res.* 1963, **24**, 997-1002.
- Romanucci M., Bongiovanni L., Russo A., Capuccini S., Mechelli L., Ordeix L., Della Saldia L.: Oxidative stress in the pathogenesis of canine zinc-responsive dermatosis. *Vet. Dermatol.* 2011, **22**, 31-38.
- Saneci R.K., Corbin J.E., Forbes R.M.: Tissue changes in dogs fed a zinc-deficient ration. *Am. J. Vet. Res.* 1982, **43**, 1642-1646.
- Saneci R.K., Corbin J.E., Forbes R.M.: Extracutaneous histologic changes accompanying zinc deficiency in pups. *Am. J. Vet. Res.* 1985, **46**, 2120-2123.
- Wedekind K.J., Lowry S.R.: Are organic zinc sources efficacious in puppies? *J. Nutr.* 1998, **128** (Supplement), 2593-2595.
- Skibniewska E.M., Skibniewski M., Kośla T., Urbańska-Słomka G.: Hair zinc levels in pet and feral cats (*Felis catus*). *J. Elem.* 2011, **16**, 481-488.
- Altunok V., Yazar E., Yukse N.: Selected blood serum elements in Van (Turkey) cats. *Acta Vet. Brno* 2007, **76**, 171-177.
- Yukse N.: The relationship between some trace element (Zn, Cu) levels and hair loss in Van Cats. Praca dyplomowa, YU Health Sciences Institute, Van, Turkey, 2000.
- Van den Broek A.H., Stafford W.L.: Diagnostic value of zinc concentrations in serum, leucocytes and hair of dogs with zinc-responsive dermatosis. *Res. Vet. Sci.* 1988, **44**, 41-44.
- Colombini S.: Canine zinc-responsive dermatosis. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 1999, **29**, 1373-1383.
- Colombini S., Dunstan R.W.: Zinc-responsive dermatosis in northern-breed dogs: 17 cases (1990-1996). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1997, **211**, 451-453.
- Costa-Val A.P., Gonçalves S.R.M., Borges K.D.A., Alves E.S., Conceição L.G.: Dermatose responsiva ao zinco em fila brasileiro. *Cienc. Rural* 2010, **40**, 1214-1217.
- Degryse A.-D., Franssen J., Cutsem J.V., Ooms L.: Recurrent zinc-responsive dermatosis in a Siberian Husky. *J. Small Anim. Pract.* 1987, **28**, 721-726.
- Hall J.: Diagnostic dermatology. Zinc responsive dermatosis. *Can. Vet. J.* 2005, **46**, 555-557.
- Van den Broek A., Horvath-Ungerboeck C.: The skin, nutritional deficiencies and supplements in dogs and cats: Part 2. *UK Vet. Companion Animal* 2009, **14**, 50-54.
- White S.D., Bourdeau P., Rosychuk R.A., Cohen B., Bonenberger T., Fieseler K.V., Ihrke P., Chapman P.L., Schultheiss P., Zur G., Cannon A., Outerbridge C.: Zinc-responsive dermatosis in dogs: 41 cases and literature review. *Vet. Dermatol.* 2001, **12**, 101-109.

- Campbell G.A., Crow D.: Severe zinc responsive dermatosis in a litter of Pharaoh Hounds. *J. Vet. Diagn. Invest.* 2010, **22**, 663-666.
- Dimri U., Ranjan R., Kumar N., Sharma M.C., Swarup D., Sharma B., Kataria M.: Changes in oxidative stress indices, zinc and copper concentrations in blood in canine demodicosis. *Vet. Parasitol.* 2008, **154**, 98-102.
- Mederle N., Dărăbuș G., Opreșcu I., Morariu S., Ilie M., Indre D., Mederle O.: Diagnosis of canine demodicosis. *Sci. Parasitol.* 2010, **11**, 20-23.
- Or M.E., Bakirel U., Tuncel H., Arun S., Karakoç Y., Dodurka H.T., Barutçu Ü.B.: Deri hastalıkları köpeklerde serum çinko ve bakır düzeyleri ile histopatolojik değişikliklerin ilişkisi. *Istanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.* 2002, **28**, 337-345.
- Logas D., Kunkle G.A., McDowell L.: Comparison of serum zinc levels in healthy, systemically ill and dermatologically diseased dogs. *Vet. Dermatol.* 1993, **4**, 61-64.
- Kaymaz A.A., Altug T., Bakirel U., Gönül R., Güzel Ö., Tan H.: Serum zinc, copper and alpha tocopherol concentrations in dogs with eczema. *Istanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.* 2002, **28**, 99-104.
- Dodurka H.T., Kayar A., Arun S., Erman M., Bakirel U., Gülyaşar T., Elgin S., Barutcu U.B.: The relationship between dermatological problems and serum zinc and copper levels in experimentally induced hypothyroidism in dogs. *Trop. Vet.* 2005, **23**, 83-86.
- Ural K., Karakurum M.C., Duru O., Cingi C.C., Haydardeoglu A.E.: Serum zinc concentrations in dogs with *Microsporium canis* dermatophytosis: a pilot study. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2009, **33**, 279-283.
- Panda D., Patra R.C., Nandi S., Swarup D.: Oxidative stress indices in gastroenteritis in dogs with canine parvoviral infection. *Res. Vet. Sci.* 2009, **86**, 36-42.
- Lowe N.M., Hall E.J., Anderson R.S., Batt R.M., Jackson M.J.: A stable isotope study of zinc kinetics in Irish setters with gluten-sensitive enteropathy. *Br. J. Nutr.* 1995, **74**, 69-76.
- Chaudhuri S., Varshney J.P., Patra R.C.: Erythrocytic antioxidant defense, lipid peroxides level and blood iron, zinc and copper concentrations in dogs naturally infected with *Babesia gibsoni*. *Res. Vet. Sci.* 2008, **85**, 120-124.
- Da Silva A.S., França R.T., Costa M.M., Paim C.B., Paim F.C., Santos C.M., Flores E.M., Eilers T.L., Mazzanti C.M., Monteiro S.G., do Amaral C.H., Lopes S.T.: Influence of *Rangelia vitalii* (Apicomplexa: Piroplasmorida) on copper, iron, and zinc bloodstream levels in experimentally infected dogs. *J. Parasitol.* 2012, **98**, 1018-1020.
- Da Silva A.S., Hoehne L., Tonin A.A., Zanette R.A., Wolkmmer P., Costa M.M., Moraes D.P., Flores E.M., Santurio J.M., Lopes S.T., Monteiro S.G.: *Trypanosoma evansi*: levels of copper, iron and zinc in the bloodstream of infected cats. *Exp. Parasitol.* 2009, **123**, 35-38.
- Dimri U., Singh S.K., Sharma M.C., Behera S.K., Kumar D., Tiwari P.: Oxidant/antioxidant balance, minerals status and apoptosis in peripheral blood of dogs naturally infected with *Dirofilaria immitis*. *Res. Vet. Sci.* 2012, **93**, 296-299.
- Heidarpour M., Soltani S., Mohri M., Khoshnegah J.: Canine visceral leishmaniasis: relationships between oxidative stress, liver and kidney variables, trace elements, and clinical status. *Parasitol. Res.* 2012, **111**, 1491-1496.
- Pasa S., Kargin F., Bildik A., Seyrek K., Ozbek Y., Ozensoy S.: Serum and hair levels of zinc and other elements in dogs with visceral leishmaniasis. *Biol. Trace Elem. Res.* 2003, **94**, 141-147.
- Seyrek K., Karagenc T., Paşa S., Kiral F., Atasoy A.: Serum zinc, iron and copper concentrations in dogs infected with *Hepatozoon canis*. *Acta Vet. Brno* 2009, **78**, 471-475.
- Adamama-Moraitou K., Rallis T., Papasteriadias A., Roubies N., Kaldrimidou H.: Iron, zinc, and copper concentration in serum, various organs, and hair of dogs with experimentally induced exocrine pancreatic insufficiency. *Dig. Dis. Sci.* 2001, **46**, 1444-1457.
- Kazmierski K.J., Ogilvie G.K., Feltman M.J., Lana S.E., Walton J.A., Hansen R.A., Richardson K.L., Hamar D.W., Bedwell C.L., Andrews G., Chavey S.: Serum zinc, chromium, and iron concentrations in dogs with lymphoma and osteosarcoma. *J. Vet. Intern. Med.* 2001, **15**, 585-588.
- Askar T.K., Salmanoglu B., Salmanoglu R., Erkal N., Beskaya A.: Changes in the oxidative status and serum trace element levels in dogs with mammary tumours. *Acta Veterinaria (Beograd)* 2009, **59**, 405-411.
- Skibniewska E.M., Kośla T., Skibniewski M.: Bioaccumulation of Zn, Mn and Mo in healthy and cancerous mammary glands in dogs. *Trace Elem. Electrolyt.* 2012, **29**, 42-47.
- Brodzki A.: Copper and zinc concentration in skin neoplastic tissues in dogs. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2007, **51**, 271-273.
- Skibniewska E.M., Kośla T., Skibniewski M.: Ocena zawartości Zn w wybranych narządach samic psa domowego.

- XI Symposium Trace Elements in the Environment*, Olsztyn, 2012.
43. Schultheiss P.C., Bedwell C.L., Hamar D.W., Fettman M.J.: Canine liver iron, copper, and zinc concentrations and association with histologic lesions. *J. Vet. Diagn. Invest.* 2002, **14**, 396-402.
 44. Kruijt M., Fieten H., Van den Ingh T., Rothuizen J.: Association between liver copper, iron and zinc values and inflammatory lesions of the liver in Labrador retrievers. *Abstracts European Veterinary Conference Voorjaarsdag*, Amsterdam, Netherlands, 2012.
 45. Williamson C.E., Yukna R.A., Gandor D.W.: Zinc concentration in normal and healing gingival tissues in beagle dogs. *J. Periodontol.* 1984, **55**, 170-174.
 46. Dodman N.H., Bronson R., Gliatto J.: Tail chasing in a bull terrier. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1993, **202**, 758-760.
 47. Tiira K., Hakosalo O., Kareinen L., Thomas A., Hielm-Björkman A., Escriou C., Arnold P., Lohi H.: Environmental effects on compulsive tail chasing in dogs. *PLoS One* 2012, **7**, e41684.
 48. Uchida Y., Moon-Fanelli A.A., Dodman N.H., Clegg M.S., Keen C.L.: Serum concentrations of zinc and copper in bull terriers with lethal acrodermatitis and tail-chasing behavior. *Am. J. Vet. Res.* 1997, **58**, 808-810.
 49. Jühr N.C., Brand U., Behne D.: Zinkstoffwechsel - ein Faktor bei Aggressionsverhalten von Hunden? *Berl. Munch. Tierarztl. Wöchenschr.* 2003, **116**, 265-268.
 50. Lichti E.L., Turner M., Deweese M.S., Henzel J.H.: Zinc concentration in venous plasma before and after exercise in dogs. *Mo. Med.* 1970, **67**, 303-304 passim.
 51. Meludu S.C., Nishimuta M., Yoshitake Y., Toyooka F., Kodama N., Kim C.S., Maekawa Y., Fukuoka H.: Anaerobic exercise - Induced changes in serum mineral concentrations. *Afr. J. Biom. Res.* 2002, **5**, 13-17.
 52. Vannucchi C.I., Jordao A.A., Vannucchi H.: Antioxidant compounds and oxidative stress in female dogs during pregnancy. *Res. Vet. Sci.* 2007, **83**, 188-193.
 53. Keen C.L., Lonnerdal B., Fisher G.L.: Seasonal variations and the effects of age on serum copper and zinc values in the dog. *Am. J. Vet. Res.* 1981, **42**, 347-350.
 54. Kienzle E., Zentek J., Meyer H.: Body composition of puppies and young dogs. *J. Nutr.* 1998, **128** (Supplement), 2680-2683.
 55. Adkins Y., Lepine A.J., Lönnerdal B.: Changes in protein and nutrient composition of milk throughout lactation in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2001, **62**, 1266-1272.
 56. Adkins Y., Zicker S.C., Lepine A., Lönnerdal B.: Changes in nutrient and protein composition of cat milk during lactation. *Am. J. Vet. Res.* 1997, **58**, 370-375.
 57. Anderson R.S., Carlos G.M., Robinson I.P., Booles D., Burger I.H., Whyte A.L.: Zinc, copper, iron and calcium concentrations in bitch milk. *J. Nutr.* 1991, **121** (Supplement), 81-82.
 58. Keen C.L., Lonnerdal B., Clegg M.S., Hurley L.S., Morris J.G., Rogers Q.R., Rucker R.B.: Developmental changes in composition of cats milk: trace elements, minerals, protein, carbohydrate and fat. *J. Nutr.* 1982, **112**, 1763-1769.
 59. Lönnerdal B., Keen C.L., Hurley L.S., Fisher G.L.: Developmental changes in the composition of Beagle dog milk. *Am. J. Vet. Res.* 1981, **42**, 662-666.
 60. Booles D., Burger I.H., Whyte A.L., Anderson R.S., Carlos G.M., Robinson I.P.: Effects of two levels of zinc intake on growth and trace element status in Labrador puppies. *J. Nutr.* 1991, **121** (Supplement), 79-80.
 61. Vester B.M., Karr-Lilienthal L.K., Tomlinson D.J., Swanson K.S., Fahey G.C. Jr.: Indicators of zinc status of weanling puppies are affected by zinc dietary concentration. *Prof. Anim. Sci.* 2007, **23**, 448-453.
 62. Kuhlman G., Rompala R.E.: The influence of dietary sources of zinc, copper and manganese on canine reproductive performance and hair mineral content. *J. Nutr.* 1998, **128** (Supplement), 2603-2605.
 63. Lowe J.A., Wiseman J., Cole D.J.: Zinc source influences zinc retention in hair and hair growth in the dog. *J. Nutr.* 1994, **124** (Supplement), 2575-2576.
 64. Lowe J.A., Wiseman J.: A comparison of the bioavailability of three dietary zinc sources using four different physiologic parameters in dogs. *J. Nutr.* 1998, **128** (Supplement), 2809-2811.
 65. Brinkhaus F., Mann J., Zorich C., Greaves J.A.: Bioavailability of zinc propionate in dogs. *J. Nutr.* 1998, **128** (Supplement), 2596-2597.
 66. Jamikorn U., Preedapattarapong T.: Comparative effects of zinc methionylglycinate and zinc sulfate on hair coat characteristics and zinc concentration in plasma, hair, and stool of dogs. *Thai J. Vet. Med.* 2008, **38**, 9-16.
 67. Özpınar H., Abas I., Bilal T., Demirel G.: Investigation of excretion and absorption of different zinc salts in puppies. *Lab. Anim.* 2001, **35**, 282-287.
 68. Batal A.B., Dale N.M., Saha U.K.: Mineral composition of corn and soybean meal. *J. Appl. Poult. Res.* 2010, **19**, 361-364.
 69. Grembecka M., Szefer P.: Magnez, fosfor, żelazo i cynk w wybranych gatunkach ryżu. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2009, **42**, 177-181.
 70. Kot A., Zaręba S., Wyszogrodzka-Koma L.: Ocena zawartości miedzi i cynku w wybranych produktach zbożowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2011, **44**, 32-37.
 71. Dozier W.A. III, Dale N.M., Dove C.R.: Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. *J. Appl. Poult. Res.* 2003, **12**, 526-530.
 72. Garcia R.A., Rosentratner K.A.: Concentration of key elements in North American meat & bone meal. *Biomass and Bioenergy* 2008, **32**, 887-891.
 73. Sousa C.A., Stannard A.A., Ihrke P.J., Reinke S.I., Schmeitzel L.P.: Dermatitis associated with feeding generic dog food: 13 cases (1981-1982). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1988, **192**, 676-680.
 74. Thoday K.L.: Diet-related zinc-responsive skin disease in dogs: a dying dermatosis? *J. Small Anim. Pract.* 1989, **30**, 213-215.
 75. Van Den Broek A.H.M., Thoday K.L.: Skin disease in dogs associated with zinc deficiency: a report of five cases. *J. Small Anim. Pract.* 1986, **27**, 313-323.
 76. Association of American Feed Control Officials: Official Publication. AAFCO, Atlanta, GA, 2004.
 77. Alvarado C.A., Hodgkinson S.M., Alomar D., Boroschek D.: Evaluation of the chemical composition of dry dog foods commercialized in Chile used for growing dogs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2008, **60**, 218-226.
 78. Hodgkinson S.M., Rosales C.E., Alomar D., Boroschek D.: Evaluación químico-nutricional de alimentos secos comerciales en Chile para perros adultos en mantención. *Arch. Med. Vet.* 2004, **36**, 173-181.
 79. Elias C., Fernandes E.A.N., Bacchi M.A.: Neutron activation analysis for assessing chemical composition of dry dog foods. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2012, **291**, 245-250.