

# Skorupa jaja kurzego – niedoceniane źródło wapnia

Chicken eggshell – the neglected source of calcium

**Lukasz Szeleszczuk**

Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny  
kierownik: prof. dr hab. Iwona Wawer

PDF FULL-TEXT  
www.lekwpolsce.pl

Oddano do publikacji: 01.10.2013

**Słowa kluczowe:** skorupa jaja kurzego, wapń, stront.

## Streszczenie

Przeprowadzone badania wykazały, iż istnieje w Polsce problem niedostatecznej podaży wapnia w diecie w odniesieniu do zalecanych norm żywieniowych. Syntetyczny węglan wapnia cechuje się niską biodostępnością, dlatego też poszukuje się jego naturalnych źródeł. Ostatnio coraz większą popularnością cieszą się preparaty otrzymywane z zewnętrznych szkieletów organizmów morskich. Jednakże źródło to ma wady, takie jak: względnie wysoki koszt produkcji, ograniczona dostępność dla rynku polskiego oraz niebezpieczeństwo kumulacji metali ciężkich, takich jak rtęć, kadm i ołów. Alternatywnym źródłem naturalnego węglanu wapnia wydają się być skorupy jaj kurzych *Gallus gallus*. Poza wysoką zawartością wapnia występującego w dobre przyswajalnej postaci, skorupy mają w swoim składzie również inne cenne biopierwiastki, w tym stront, który pozytywnie wpływa na metabolizm kości.

**Key words:** chicken eggshell, calcium, strontium.

## Abstract

The studies showed that there is a serious problem of insufficient supply of calcium in the diet in relation to the recommended nutritional standards. Synthetic calcium carbonate has a low bioavailability, thus its natural sources are in the scope of scientists. Recently, preparations obtained from the external skeletons of marine organisms are becoming more and more popular. However, this source of calcium has many drawbacks, such as the relatively high cost of production, limited availability for the Polish market and the risk of accumulation of heavy metals such as mercury, cadmium and lead. Chicken eggshell seems to be an alternative source of natural calcium carbonate. In addition to a its high content of calcium, eggshell is composed of many vital microelements including strontium, which has a positive effect on bone metabolism.

## Wprowadzenie

O roli wapnia i jego znaczeniu dla zdrowia człowieka wiadomo bardzo wiele [1]. Niestety, badania przeprowadzone w 2002 r. [2] wykazały, iż istnieje w Polsce problem niedostatecznej podaży tego pierwiastka w diecie w odniesieniu do zalecanych norm żywieniowych, co może skutkować poważ-

nymi konsekwencjami zdrowotnymi, takimi jak: demineralizacja kości, osteoporoza, nadmierna pobudliwość mięśni, zaburzenia krzepnięcia krwi i zaburzenia rytmu serca.

Cennym, a zarazem niedocenianym źródłem tego ważnego pierwiastka, jest skorupa jaja kurzego, z czego mało kto jednak

zdaje sobie sprawę. Obecnie produkt ten nie jest w Polsce wykorzystywany na skalę przemysłową i stanowi odpad w produkcji wyrobów spożywczych i stad wylęgowych, będąc problemem zarówno ekonomicznym, jak i ekologicznym dla producentów [3].

Jednak skorupki można jeść! Decydując się na spożywanie skorup jaj kurzych dbamy nie tylko o własne zdrowie, ale także o „zdrowie” naszej planety, równocześnie oszczędzając na zakupie drogich suplementów wapnia w aptece. Czy można chcieć czegoś więcej?

### Rola i budowa skorupy jaja kurzego

Skorupa jaja kurzego powstaje w organizmie kury noski w procesie biomineralizacji. Jej zadaniem jest ochrona rozwijającego się zarodka kurzego przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi, umożliwienie mu prawidłowej wymiany gazowej i dostarczenie niezbędnych do rozwoju związków mineralnych, głównie soli wapnia. Skorupa jaja kurzego to naturalny materiał ceramiczny, kruchy, a zarazem wytrzymały. W jej skład wchodzi ok. 5% związków organicznych i 95% związków nieorganicznych (głównie węglanu wapnia) [4]. Udział białek [5] to ok. 1%, kwasy tłuszczowe stanowią 2-4 % skorupy i występują zarówno w postaci lipidów, jak i lipoprotein [6]. Ważnym związkiem jest biliwerdyna, pigment nadający skorupie charakterystyczny kolor [7].

### Źródła wapnia do produkcji suplementów

Obecnie jako źródło wapnia do produkcji suplementów diety wykorzystuje się głównie węglan wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ) ze względu na dużą (40%) zawartość jonów  $\text{Ca}^{2+}$  i względnie wysoką biodostępność [8]. Syntetyczny węglan wapnia otrzymuje się poddając obróbce wodorotlenek wapnia lub niektóre minerały,

głównie kredę. Innym źródłem wapnia są muszle skorupiaków oraz szkielety zewnętrzne (pancerze) niektórych zwierząt wodnych.

Naturalne źródła wapnia wydają się być szczególnie interesujące ze względu na zawartość innych cennych dla zdrowia człowieka pierwiastków, takich jak stront czy fluor, które mogą mieć pozytywny wpływ na metabolizm kostny. Z drugiej jednak strony bezpieczeństwo stosowania naturalnych suplementów wapnia nie jest do końca potwierdzone. Głównym zagrożeniem może być obecność szkodliwych metali ciężkich, takich jak ołów, glin, kadm czy rtęć [9].

### Jak na tym tle wypadają skorupki?

Schaafsma i wsp. [10] określili skład pierwiastkowy skorupy jaja kurzego po wylęgu i porównali go ze składem innych preparatów zawierających wapń, a także z wartościami referencyjnymi spożycia określonych pierwiastków. W porównaniu z syntetycznie otrzymywanym węglanem wapnia skorupa jaja kurzego zawierała podobną ilość wapnia, więcej strontu i selenu, lecz mniej fluoru. Preparat z muszli skorupiaków cechował się większą zawartością magnezu, żelaza i fluoru, jednak mniejszą zawartością wapnia i strontu niż skorupy jaj kurzych.

Na korzyść skorup może również świadczyć fakt, iż miały one *najmniejszy procentowy udział szkodliwych metali, takich jak wanad, chrom, ołów, glin i kadm*. Niektórzy specjaliści od fizjologii lęgu tłumaczą to „troską matki kury” o swoje potomstwo [11]. Od dawna wiadomo, że metale ciężkie są najbardziej szkodliwe dla rozwijających się organizmów, znajdujących się w okresie intensywnego wzrostu, głównie ze względu na kształtujący się w tym okresie układ nerwowy. Mamy tu więc do czynienia z naturalnym filtrem – kura noska nie wbudowuje

w skorupę jaja metali ciężkich, nawet gdy znajdują się one w jej środowisku czy paszy, starając się maksymalnie chronić swoje młode przed narażeniem na wady wrodzone układu nerwowego [12].

### Kilka słów o strontzie

Badania Nakano i wsp. [13] wykazały, iż skorupy jaja kurzego zawierają nie tylko sole wapnia, ale również niewielkie ilości pierwiastków, takich jak selen, cynk, miedź, bor i stront.

Stront należący do metali ziem alkalicznych, został odkryty w 1790 r. przez A. Crawforda w szkockiej miejscowości Strontian. Jego izolacji po raz pierwszy dokonał H. Davy w 1808 r. w Londynie [14]. Zawartość strontu w skorupie ziemskiej wynosi 0,034 %, plasując go na 15. miejscu na liście najczęściej występujących pierwiastków w przyrodzie [15]. Ze względu na dużą reaktywność stront można znaleźć jedynie w postaci związanej, głównie siarczanu ( $\text{SrSO}_4$  – celestyn) i węglanu ( $\text{SrCO}_3$  – stroncjanit). Czysty stront ulega pasywacji, z wodą reaguje wybuchowo.

Stront występuje w organizmie człowieka w ilości zdecydowanie mniejszej niż magnez czy wapń; różnicę tę potęguje ponadto jego kilkakrotnie większa masa atomowa. Przeciętne dzienne spożycie strontu przez człowieka wynosi 1,9 mg, z czego 0,34 mg wydalane jest z moczem, 1,5 mg z kałem, 0,02 mg z potem. Mimo iż stront występuje w organizmie człowieka w ilości podobnej do ważnych pierwiastków śladowych, takich jak miedź czy jod, jego rola biologiczna nadal pozostaje nie do końca wyjaśniona [16].

Stront występuje w przyrodzie najczęściej jako składnik szkieletów zewnętrznych skorupiaków oraz w skorupach jaj w postaci nierozpuszczalnego siarczanu lub węglanu. Związki te pełnią rolę podobną jak siarcza-

ny i węglany wapnia, nadając wymienionym strukturom odpowiednią wytrzymałość. Stosunek molowy strontu do wapnia w skorupach jaj ptaków jest dużo większy niż stosunek molowy tych pierwiastków w organizmach dorosłych osobników [17]. Stront występuje również w wielu roślinach, a jego procentowa zawartość jest bardzo uzależniona od zawartości tego metalu w glebie [18].

Międzynarodowe i krajowe jednostki opracowujące normy żywienia człowieka, takie jak amerykańska Food and Drug Administration (FDA) [19], europejska European Food Safety Authority (EFSA) [20] oraz polski Instytut Żywności i Żywienia (IŻŻ) [21] w wydawanych przez siebie zaleceniach nie uwzględniają zapotrzebowania człowieka na stront. Z drugiej jednak strony pierwiastek ten nie jest traktowany jako szkodliwy czy toksyczny. W dokumencie wydanym w 2010 r. przez WHO [22] podsumowano wyniki badań nad potencjalnym szkodliwym działaniem strontu, w których nie stwierdzono żadnych efektów toksycznych długotrwałego podawania strontu w dawce 10 mg/kg masy ciała człowieka.

W Polsce dopuszczony do obrotu jest jeden produkt leczniczy, który zawiera jony strontu w postaci *ranelinianu strontu* (Rp; kod ATC M05BX). Zgodnie z aktualnie obowiązującą Charakterystyką Produktu Leczniczego, uwzględniającą ostatnie zmiany (opisane m.in. w Komunikacie do Fachowych Pracowników Ochrony Zdrowia, wydanym przez podmiot odpowiedzialny 25 kwietnia 2013 r.) – lek ten stosowany jest w leczeniu ciężkiej osteoporozy u kobiet po menopauzie z dużym ryzykiem złamań w celu zmniejszenia ryzyka złamań kręgow i biodra, a także w leczeniu ciężkiej osteoporozy u dorosłych mężczyzn ze zwiększonym ryzykiem złamań [23]. W zacytowanym komunikacie zostały

przedstawione dane dotyczące zwiększenia ryzyka zawału mięśnia sercowego u osób zażywających wspomniany lek, co spowodowało modyfikację przeciwwskazań do stosowania ranelinianu strontu u osób z chorobą niedokrwienną serca i innymi zaburzeniami ze strony układu krążenia [23].

Przeciwlamaniowe programy kliniczne z produktem Protelos zostały przeprowadzone w dwóch badaniach klinicznych III fazy, kontrolowanych placebo: SOTI i TROPOS. W ciągu 3 lat leczenia produktem Protelos u pacjentów zażywających ten lek względne ryzyko nowych złamań kręgow zmniejszyło się o 41% w badaniu SOTI. W odniesieniu do klinicznych złamań kręgow (złamań z towarzyszącym bólem i/lub zmniejszeniem wzrostu o przynajmniej 1 cm), względne ryzyko zostało zmniejszone o 38%.

Aktywność ranelinianu strontu była analizowana również w wielu innych modelach farmakologicznych. W badaniach na zdrowych szczurach ranelinian strontu zwiększał warstwę beleczkowatą, ilość beleczek kostnych i ich grubość, co w efekcie powodowało poprawę wytrzymałości kości [24].

Ponadto wykazano, iż preparaty strontu działają jednocześnie na dwa szlaki metaboliczne: zmniejszają resorpcję tkanki kostnej i jednocześnie stymulują jej wzrost. Dotychczas nie znaleziono żadnej innej substancji, która równoległe pełniłaby obie te funkcje [25].

W Polsce obecnie nie są dostępne żadne suplementy diety zawierające stront. Natomiast na rynku amerykańskim jest wiele suplementów diety mających w swoim składzie jony strontu (od 50 mg do 680 mg w przeliczeniu na metaliczny stront) w postaci cytrynianu i węglanu; istnieją także suplementy złożone zawierające oprócz soli strontu również sole wapnia, witaminę D<sub>3</sub> i inne sole mineralne [26].

Różnice dotyczą też sugerowanej dziennej dawki tego typu suplementów, jednak wartości te nie przekraczają 680 mg/dobę w przeliczeniu na stront, co odpowiada dawce strontu przyjmowanej przez osoby stosujące Protelos (zalecaną dawką tego leku jest stosowanie raz na dobę doustnie jednej saszetki granulatu zawierającej 680 mg strontu).

Ilość strontu w skorupie jaja kurzego wydaje się być wręcz idealna pod względem dziennego zapotrzebowania człowieka [27]. Zdecydowanie zbyt mała, abyśmy mogli odczuwać jakiegokolwiek skutki uboczne, jednak na tyle duża, aby przyjmowana regularnie korzystnie wpływała na nasz układ kostny. Jak wynika z opublikowanych danych [28], preparat ze skorup jaj kurzych przyjmowany w ilości 3,2 g na dobę w pełni pokrywałby zapotrzebowanie na dwa ważne pierwiastki: wapń i stront.

### **Badania skuteczności sproszkowanych skorup**

Jednym z najważniejszych elementów składowych bilansu wapniowego organizmu jest absorpcja zachodząca głównie w jelicie cienkim i w mniejszym stopniu w okrężnicy. Ilość wapnia wchłoniętego zależy od szeregu czynników, do których zalicza się m.in.: wiek, płeć, skład racji pokarmowej, stan fizjologiczny organizmu, ewentualne choroby oraz stan odżywienia. Różnice we wchłanianiu mogą sięgać nawet 60%, stąd też niedobory wapnia przy pozornie odpowiednim dawkowaniu w diecie. Istnieje wiele dowodów na to, iż stopień wchłaniania wapnia z przewodu pokarmowego zależy w znacznym stopniu od rozpuszczalności preparatów wapnia w żołądku.

Kusumi i wsp. [29] przeprowadzili badania z udziałem pacjentów w podeszłym

wieku, cierpiących na zatorowość naczyń mózgowych, którym podawano proszek ze skorup jaj kurzych (grupa pierwsza) i syntetyczny węglan wapnia (grupa druga), a następnie badano okresowo skład ich treści żołądkowej. Węglan wapnia pochodzenia naturalnego rozpuszczał się dużo lepiej niż syntetycznie otrzymany  $\text{CaCO}_3$ . Według autorów badania proszek ze skorup jaj kurzych cechował się dużo wyższą rozpuszczalnością ze względu na jego porowatą strukturę.

Badania przeprowadzone na szczurach chorych na osteoporozę pokazały, że proszek ze skorup jest skuteczny w zwiększaniu gęstości mineralnej kości [30]. Autorzy porównali efekt podawania proszku ze skorup jaj kurzych z syntetycznym węglanem wapnia na zmianę gęstości mineralnej kości. Obserwowano duże różnice w gęstości kości pomiędzy dwoma badanymi grupami; wartość BMD (parametru określającego gęstość) dla odcinka lędźwiowego kręgosłupa w grupie przyjmującej preparaty ze skorupy jaja była znacząco wyższa niż dla grupy przyjmującej syntetyczny węglan.

Kolejne badania przeprowadzone na szczurach przez Kimura i wsp. [31] wykazały, że przyrost gęstości mineralnej kości w grupie przyjmującej skorupy jaj kurzych jest znacznie większy niż w grupie otrzymującej preparaty ze szpiku kostnego lub muszli skorupiaków. Wyniki te sugerują, iż wapń pochodzący ze skorup jaj kurzych może być skuteczniejszy w zapobieganiu spadkowi gęstości mineralnej kości niż tradycyjne suplementy.

Goto i wsp. [32] porównali stopień wchłaniania wapnia z trzech preparatów: syntetycznego węglanu wapnia, grubo zmielonego proszku ze skorup jaj kurzych i drobno zmielonego proszku ze skorup jaj kurzych. Stopień wchłaniania wapnia z tych

preparatów został zbadany zarówno w grupie młodych szczurów w okresie intensywnego wzrostu, jak i w grupie szczurów będących w okresie reprodukcyjnym. Dla młodych (6-7-tygodniowych) szczurów nie wykazano zmian we wchłanianiu wapnia z badanych preparatów. Jednak dla grupy szczurów w okresie rozrodowym (16.-17. tydzień) zaobserwowano znaczne różnice. Biodostępność wapnia z drobno zmielonych skorup jaj kurzych (34,8%) była większa niż z grubo zmielonych skorup jaj kurzych (21,3 %) oraz ponad dwa razy większa niż z syntetycznie otrzymywanego węglanu wapnia (13,7%).

Kolejne badanie przeprowadzone przez Niiyama i Sakamoto [33] na grupie ciężarnych samic szczurów potwierdziły otrzymane wcześniej wyniki.

Proszek ze skorup jaj kurzych został również przebadany jako potencjalny środek wiążący obecny w organizmie fosfor. Pacjenci cierpiący na niewydolność nerek często wymagają hemodializy. Metoda ta jest jednak niewystarczająca, jeśli chodzi o usuwanie nadmiaru fosforu z surowicy, co często skutkuje u tych pacjentów niebezpieczną hiperfosfatemią. Jednym ze sposobów uniknięcia tego rodzaju problemów jest stosowanie diety niskofosforowej. Drugą metodą jest podaż preparatów wiążących fosfor w celu zmniejszenia jego absorpcji w jelitach. W tym celu bardzo często stosowany jest węglan wapnia [34]. Badania przeprowadzone przez Ogihara i wsp. [35] wykazały znacznie większą skuteczność proszku ze skorup jaj kurzych w obniżaniu poziomu fosforu w surowicy w porównaniu do syntetycznie otrzymywanego węglanu wapnia. U niektórych pacjentów zażywających węglan wapnia nie udaje się uzyskać zadowalającego spadku stężenia fosforu w surowicy. Problem ten dotyczy głównie pacjentów zażywających leki ha-

mujące wydzielanie soku żołądkowego, takie jak inhibitory receptorów histaminowych H<sub>2</sub>. Również u tej grupy pacjentów po zastosowaniu preparatów zawierających proszek ze skorupy jaja kurzego zaobserwowano znaczną poprawę w stosunku do grupy przyjmującej węglan wapnia [34].

Tanino [36] badał efekt spożycia proszku ze skorup jaj kurzych na reakcję skóry na promienie UV. Dwudziestu uczestników badania podzielono na dwie grupy, jedna z grup przyjmowała codziennie 2,5 g proszku ze skorup jaj kurzych i 300 mg kwasu askorbinowego przez 6 tygodni. Druga grupa (kontrolna) przyjmowała codziennie 2,5 g dekstryn. W momencie rozpoczęcia badania, jak również po 3. i 6. tygodniu eksperymentu wyznaczono wartość MED i MPPD dla każdego z uczestników badania. Wartość MED (ang. *minimal erythema dose*) określa się jako najniższą dawkę promieniowania ultrafioletowego wywołującą nasilony rumień po upływie 24 godzin od jego zastosowania, zaś wartość MPPD (ang. *minimal persistent pigmentation dose*) to minimalna dawka promieniowania UVA powodująca powstanie widocznej trwałej pigmentacji w miejscu zastosowania. Wartości MED i MPPD dla grupy badanej wyraźnie wzrosły po zastosowaniu proszku ze skorup jaj kurzych, co świadczy o długotrwałych fotoochronnych skutkach zażywania tego typu preparatów.

Zażywanie proszku ze skorup jaj kurzych ma również wpływ na wchłanianie tłuszczu, np. obecnego w czekoladzie. Badania [37] wykazały wyższe stężenie tłuszczu całkowitego oraz kwasów palmitynowego i stearynowego w kale u osób zażywających skorupy jaj kurzych w stosunku do grupy kontrolnej, ale nie obserwowano różnic w stężeniu kwasów tłuszczowych w surowicy krwi badanych osób. Efekt ten jest

prawdopodobnie skutkiem reakcji jonów wapnia obecnych w skorupkach z nasyconymi kwasami tłuszczowymi, w wyniku czego powstają nierozpuszczalne sole, które nie są wchłaniane w przewodzie pokarmowym.

Mine i wsp. [38, 39] badali, czy białka wchodzące w skład skorupy jaja kurzego działają przeciwbakteryjnie i odkryli ich skuteczność w zwalczaniu patogenów, takich jak *Pseudomonas aureginosa*, *Bacillus cereus* i *Staphylococcus aureus*. W innym badaniu [40] potwierdzono obecność lizozymu i  $\alpha$ -N-acetyloglukozaminidazy w skorupie jaja kurzego. Wiadomo, iż lizozym posiada właściwości hamujące wzrost bakterii Gram-dodatnich, zaś  $\alpha$ -N-acetyloglukozaminidaza uszkadza ścianę komórkową bakterii Gram-ujemnych. Badacze ci potwierdzili również skuteczność ekstraktu ze skorupy jaja kurzego w zmniejszaniu odporności na wysoką temperaturę bakterii, takich jak: *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* i *Staphylococcus aureus*.

Chociaż większa skuteczność proszku ze skorup jaj kurzych w stosunku do innych źródeł wapnia nie została jednoznacznie wyjaśniona, sugeruje się, iż porowata struktura tego materiału i obecność śladowej ilości białek odpowiedzialnych za biomineralizację mają korzystny wpływ na stan kości. Ostatnie badania [41] wskazują również na udział białek wchodzących w skład skorupy jaja kurzego w zwiększaniu wchłaniania wapnia przez enterocyty.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, iż skorupy jaja kurzego zawierają w swoim składzie nie tylko dobrze przyswajalne sole wapnia, ale również niewielkie ilości pierwiastków, takich jak selen, cynk, miedź i stront.

Szczególnie interesujący wydaje się stront, ze względu na stosowanie od wielu lat w terapii osteoporozy preparatów strontu (w postaci ranelinianu strontu). Wyniki badań wskazują, iż skorupy jaj kurzych mogą być wykorzystane jako cenny surowiec do produkcji wysokiej jakości suplementów diety.

### Piśmiennictwo:

- Kulesza B., Czabak-Garbacz R., Szkutnik J., Stasiuk W., Wapń – nie tylko zdrowe kości i zęby, *Lek w Polsce*, 2013, 3.
- Skorupa E., Wyszomirski T., Karczmarewicz E., Łukaszewicz J., Jaworski M., Ptudowski P. i grupa EPOLOS, Wpływ spożycia wapnia na parametry metabolicznego obrotu kostnego w populacji polskiej. Badanie EPOLOS. – prezentacja na SAS FORUM, Warszawa, 2003.
- Kemper N. P., Goodwin Jr. H. L., Feasibility and production costs of composting breeder and pullet litter with eggshell waste, *Journal of Applied Poultry Research*, 2009, 18, 172.
- Arias J.L., Fink D.J., Xiao S.Q., Heuer A.H., Caplan A.I., Biomineralization and egg-shells: Cell-mediated acellular compartments of mineralized extracellular matrix. *International Review of Cytology*, 1993, 145, 217.
- Daengprok W., Garnjanagoonchorn W., Naivikul O., Chicken eggshell matrix proteins enhance calcium transport in the human intestinal epithelial cells, *Caco-2*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51, 6056.
- Miksik I., Charvatova J., Eckhardt A., Deyl Z., Insoluble eggshell matrix proteins: Their peptide mapping and partial characterization by capillary electrophoresis and high-performance liquid chromatography, *Electrophoresis*, 2003, 5, 843.
- Zhao R., Xu G.Y., Liu Z.Z., Li J.Y., Yang N., A study on eggshell pigmentation: Biliverdin in blue-shelled chickens, *Poultry Science*, 2006, 3, 546.
- Brennan M. J., Duncan W. E., Wartofsky L., Butler V. M., Wray H. L., In vitro dissolution of calcium carbonate preparations, *Calcified Tissue International*, 1991, 49, 308.
- Whiting S., Safety of some calcium supplements questioned, *Nutrition Reviews*, 1994, 52, 95.
- Schaafsma A., Pakan I., Hofstede G.J.H., Mineral, Amino Acid, and Hormonal Composition of Chicken Eggshell Powder and the Evaluation of its Use in Human Nutrition, *Poultry Science*, 2000, 79, 1833.
- Abduljaleel S.A., Shuhaimi-Othman M., Babji A., Variation in trace elements levels among chicken, quail, guinea fowl and pigeon eggshell and egg content, *Research Journal of Environmental Toxicology*, 2011, 5, 301.
- Fry D.M., Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals, *Environmental Health Perspectives*, 1995, 103, 165.
- Nakano T., Ikawa N.I., Ozimek L., Chemical composition of chicken eggshell and shell membranes, *Poultry Science*, 2003, 3, 510.
- Davy H., Electro-chemical researches on the decomposition of the earths; with observations on the metals obtained from the alkaline earths, and on the amalgam procured from ammonia, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1808, 98, 333.
- Turekian K. K., Wedepohl K. H., Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust, *Geological Society of America Bulletin*, 1961, 72, 175.
- Pors N., The biological role of strontium, *Bone*, 2004, 35, 583.
- Peek S., Clementz M.T., Sr/Ca and Ba/Ca variations in environmental and biological sources: A survey of marine and terrestrial systems, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2012, 95, 36.
- Chen J. P., Batch and continuous adsorption of strontium by plant root tissues, *Bioresource Technology*, 1997, 60, 185.
- Dietary Reference Intakes: UL for Vitamins and Elements, National Academy of Sciences. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, 2010.
- Tolerable Upper Intake Levels For Vitamins and Minerals, Scientific Committee on Food.
- Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, 2006.
- Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja, Redaktor naukowy: prof. dr hab. med. Mirosław Jarosz, Instytut Żywności i Żywienia, 2012.
- Concise International Chemical Assessment Document, Strontium and strontium compounds, WHO, 2010. Komunikat do fachowych pracowników służby zdrowia - Protelos i Osseor z dn. 25.04.2013 r. <http://www.urpl.gov.pl/system/article-attachments/attachments/4387/original/Protelos-Osseor-DHCP.pdf?1368447136>.
- Charakterystyka Produktu Leczniczego Protelos dostępna na stronie internetowej Europejskiej Agencji Leków <http://www.ema.europa.eu>
- Reginster J., Halkin J., Henrotin Y., Gosset C., Treatment of osteoporosis: Role of bone-forming agents, *Osteoporosis International*, 1999, 3, 91.
- Strontium: new drug. Postmenopausal osteoporosis: too many unknowns, *Prescrire Int*, 2005, 80, 207.
- Rovensky J., Stanciková M., Masaryk P., Švik K., Ištók R., Eggshell calcium in the prevention and treatment of osteoporosis, *International Journal of Clinical Pharmacology Research*, 2003, 23, 83.
- Schaafsma A., Pakan I., Hofstede G.J.H., Mineral, Amino Acid, and Hormonal Composition of Chicken Eggshell Powder and the Evaluation of its Use in Human Nutrition, *Poultry Science*, 2000, 79, 1833.
- Kusumi N., Nakamura M., Tando Y., Suda T., Kudo K., Eggshell calcium solubility in stomach, *Japanese Journal of Nutritional Assessment*, 1999, 16, 291.
- Omi N., Ezawa I., Effect of eggshell Ca on preventing of bone loss after ovariectomy, *Journal of Home Economics of Japan*, 1998, 49, 277.
- Kimura M., Hayashi N., Takizawa K., Suguro N., Kunou M., The effect of several natural calcium sources on bone mineral density in ovariectomized rats, *Abstrakt konferencji: 1st Annual Meeting of Japan Osteoporosis Society, Kurashiki; 1999; str. 64.*
- Goto S., Suzuki K., Kanke Y., Kokubu T., Kurokawa T., The utilization of egg shell as calcium source, *Abstrakt konferencji: 35th Annual Meeting Japanese Society of Food and Nutrition, Tokushima; 1998 rok, strona 124.*
- Niiyama Y., Sakamoto S., Calcium utilization in pregnant rats fed soy protein isolate, *The Journal of Nutrition*, 1984, 5, 53.
- Słatopolsky E., Weerts C., Lopez-Hilker S., Norwud K., Zink M., Windus D., Delmez J., Calcium carbonate as a phosphate binder in patients with chronic renal failure undergoing dialysis, *The New England Journal of Medicine*, 1986, 315, 157.
- Ogihara M., Suzuki T., Umeda H., Nakamura T., Ishibashi K., Nomiyama M., Yamaguchi O., Shiraiwa Y., Sasaki S. Change of effects of phosphate binder under histamine H2-receptor antagonist administration; comparative study between calcium carbonate and eggshell calcium, *Kidney Dialysis*, 1996; 41: 695-698.
- Tanino S., Functional materials for food from hen egg components, *Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals*, 2003, 5, 32.
- Murata T., Kuno T., Hozumi M., Inhibitory effects of calcium (derived from eggshell)-supplemented chocolate on absorption of fat in human males, *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*, 1998, 51, 165.
- Mine Y., Oberle C., Kassify Z., Eggshell matrix proteins as defense mechanism of avian eggs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51, 249.
- Mine Y., Ma F., Laurian S., Antimicrobial peptides released by enzymatic hydrolysis of hen egg white lysozyme. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52, 1088.
- Poland A.L., Sheldon B.W., Altering the thermal resistance of foodborne bacterial pathogens with an eggshell membrane waste by-product, *Journal of Food Protection*, 2001, 64, 386.
- Masaki H., Nakatsuka Y., Miki T., Inhibitory effects of eggshell calcium on bone resorption in elderly subjects-comparison with calcium carbonate, *Journal of Osteoporosis*, 2000, 8, 245.

### Adres Autora:

mgr farm. Łukasz Szeleszczuk

e-mail: [szelly@wp.pl](mailto:szelly@wp.pl)