

Wpływ organicznej i nieorganicznej formy selenu na skład morfologiczny jaj i zawartość selenu w masie jajecznej

AGNIESZKA BORUTA, EWA ŚWIERCZEWSKA, TOMASZ ROSZKOWSKI

Zakład Hodowli Drobiu Katedry Szczegółowej Hodowli Zwierząt Wydziału Nauk o Zwierzętach SGGW,
ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa

Boruta A., Świerczewska E., Roszkowski T.

Effect of organic and inorganic forms of selenium on the morphological composition of eggs and selenium content in egg mass

Summary

The aim of the study was to determine the effect that organic and inorganic selenium-containing compounds had in feed mixtures for laying hens on the morphological quality of their eggs as well as the amount of selenium contained in the egg mass. The feed mixture for the laying hens was composed of maize and wheat meal and supplemented with ground soy and a mineral-vitamin additive. The feed contained 18.3% of crude protein and 10.7 MJ/kg of metabolical energy. Hens from group D1 received a mixture to which 0.3 ppm of an organic selenium compound was added and hens from group D2 were fed a mixture containing 0.5 ppm of the above mentioned element (Sel-Plex® of Alltech Company). The feed for laying hens in group D3 contained 0.3 ppm of inorganic selenium (sodium selenate). The results of the study indicate that both forms of selenium contributed to improving the quality of thick protein, which was expressed in H units. Adding selenium compounds to feed mixtures resulted in significant differences in the content of this microelement in the egg mass. The greatest quantity of selenium (565 ng/g) was contained in eggs from laying hens which received 0.5 ppm of organic selenium in their feed. Eggs from the remaining groups had a similar level of the above-mentioned element.

Keywords: hen, egg, selenium

Selen został odkryty przez J. Berzeliusa w 1817 r. (7). Początkowo jednak twierdzono, że jest to pierwiastek działający toksycznie, przyczyniający się do wystąpienia u zwierząt choroby alkalicznej. Analizując etiologię tego schorzenia wykazano, iż powoduje ją zjadanie przez zwierzęta dużych ilości roślin rosnących na glebach o wysokiej zawartości selenu. Pogląd o negatywnym działaniu selenu na organizm utrzymywał się aż do 1957 r., to jest do udowodnienia różnic występujących pomiędzy selenem występującym w związkach nieorganicznych i organicznych. Podstawowa różnica polega na tym, że selen w formie nieorganicznej jest tylko w niewielkim stopniu wykorzystywany do syntezy selenoprotein, natomiast jego znaczna część jest wydalana z moczem. Natomiast selen organiczny (Se-Met) zostaje absorbowany jako aminokwas, podobnie do metioniny i jest wykorzystywany do syntezy selenoprotein, ulegając włączeniu w nowo syntetyzowane białka mięśni i jaj. W wyniku intensywnie prowadzonych badań wykazano, że pierwiastek ten ma szeroki zakres działania i stosując go jako dodatek do karmy dla zwierząt, uzyskuje się nie tylko poprawę produkcji, lecz także jakości mięsa,

mleka i jaj. Selen podobnie jak witamina E jest antyutleniającem, zapobiegającym lub przynajmniej opóźniającym starzenie się tkanek. Ma także znaczący wpływ na prawidłowe funkcjonowanie układu rozrodczego (2). Cechuje się również właściwościami antykarcinogennymi (8). Naturalnym źródłem selenu są: owoce morza, wątroba, kiełki pszenicy, tuńczyk, cebula, pomidory, brokuły, czyli produkty dostępne w diecie ludzi. Uzupełnieniem diety ubogiej w selen mogą być także jaja pochodzące od kur, które otrzymywały związki tego pierwiastka w paszy. Potwierdzili to Davis i Fear (1), wskazując liniową zależność między dodatkiem do karmy dla kur selenu a jego zawartością w jajach, dokumentując, iż każdy 1 ppm dodany do paszy powoduje wzrost ilości selenu w żółtku i białku jaj o 10-12 nmol/g. Dodawanie selenu do paszy musi być jednak ograniczone do pewnego poziomu, gdyż przekroczenie poziomu progowego jest niebezpieczne. Dodatek 10-20 ppm selenu do paszy uważany jest za poziom toksyczny dla drobiu (3).

Celem badań było określenie wpływu związków organicznych i nieorganicznych zawierających selen, dodanych do mieszanki dla niosek, na jakość morfo-

Tab. 1. Wartość odżywcza stosowanych mieszanek

Składniki bilansowane	Grupa			
	K	D1	D2	D3
Białko ogólne, %	18,3			
Energia metaboliczna, MJ/kg	10,7			
Włókno surowe, %	4,7			
Lizyna, %	0,836			
Metionina + Cystyna, %	0,689			
Tryptofan, %	0,207			
Treonina, %	0,608			
Arginina, %	0,451			
Ca ogólny, %	4,1			
P przyswajalny, %	0,5			
Se organiczny, ppm		0,3	0,5	
Se nieorganiczny, ppm				0,3

logiczną pochodzących od nich jaj i na zawartość tego pierwiastka w masie jajecznej.

Materiał i metody

Badania prowadzono na 120 kurach noskach Tetra SL, utrzymywanych w klatkach, które w wieku 20 tygodni przydzielono do czterech grup, po 30 niosek w każdej, tj. kontrolnej (K) i trzech doświadczalnych (D1, D2, D3).

W żywieniu zastosowano mieszankę dla niosek sporządzoną w oparciu o śrutę kukurydzianą i pszeną uzupełnioną śrutą sojową oraz dodatkami mineralno-witaminowymi. Pasza zawierała 18,3% białka ogólnego i 10,7 MJ/kg energii metabolicznej (tab. 1). Kury w grupie D1 otrzymywały mieszankę, do której dodano 0,3 ppm, a w grupie D2 0,5 ppm preparatu selenu w formie organicznej (Sel-Plex® Firmy Alltech). Pasza przeznaczona dla niosek w grupie D3 zawierała 0,3 ppm selenu nieorganicznego (selenian sodu).

Po trzech tygodniach skarmiania mieszanki, czyli w 23. tygodniu życia kur, zebrano z każdej grupy po 30 jaj do oceny ich jakości. Przy użyciu zestawu EQM (Egg Quality Microprocessor, ver. 3.2) dokonano standardowej oceny jakości jaj świeżych, czyli w ciągu 24 godzin od ich zniesienia. Następnie powtórzono te badania na 30 jajach z grupy przechowywanych przez 20 dni w temperaturze 12°C i wilgotności pomieszczenia wynoszącej 75%. Określono: masę jaj (g), wysokość białka gęstego (mm), masę żółtka (g), barwę żółtka (skala Roche'a), masę skorupy (g), barwę skorupy (procent odbicia światła). Następnie z wykorzystaniem programu QCS obliczono wartość jednostek H, procentowy udział żółtka w jajach oraz indeks skorupy jaj świeżych, który jest wskaźnikiem przeznaczonym wyłącznie do oceny jakości jaj świeżych. Obliczeń indeksu dokonano korzystając ze wzoru, który uwzględniał masę jaja, a ta zmienia się w trakcie przechowywania.

Następnie określono zawartość selenu w zmiksowanej masie jaj przy użyciu spektrometru plazmowego z detekcją masową ICP-MS z wykorzystaniem systemu analitycznego UltraMass 700. Analizy ilościowe wykonano w oparciu o krzywe kalibracyjne przygotowane metodą dodatku wzorca do matrycy analizowanych próbek. Wykorzystano wzorce Johnson-Matthey o klasie czystości ICP. Do analiz pobrano po 10 jaj świeżych z każdej grupy. Jaja miksowano i z każdego wykonano po 5 pomiarów analitycznych w kierunku określenia zawartości selenu. Końcowa zawartość selenu w masie zmiksowanego jaja była średnią arytmetyczną z wykonanych pomiarów.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a istotność różnic została potwierdzona testem Duncana. Do obliczeń wykorzystano program SPSS 12.0.

Wyniki i omówienie

Po trzech tygodniach od zastosowania karmy zawierającej związek selenu stwierdzono istotne obniżenie masy jaj świeżych pochodzących z grupy D3 otrzymującej 0,3 ppm selenu w formie nieorganicznej (tab. 1 i 2). Masa jaj z grup D1 i D2 była zbliżona do masy jaj z grupy K i wahała się od 63,74 g do 64,17 g.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zastosowanie obydwu form selenu przyczyniło się do poprawy jakości białka gęstego, którą wyrażono w jednostkach H. Najwyższą wartością tej cechy odznaczały się jaja od kur, które otrzymywały dodatek selenu w formie nieorganicznej (D3), jednak istotność wykazanych różnic nie została potwierdzona statystycznie. Nie stwierdzono wpływu zastosowanych poziomów i form selenu na barwę żółtka ani na jego % zawartość w jajach. Indeks skorupy był istotnie wyższy w przypadku jaj z grupy otrzymującej selen w formie organicznej. W grupie D1 indeks wynosił 8,33, a w grupie D2 8,22. Najwyższa wartość tej cechy charakteryzowała jaja z grupy D3, przy czym nie różniły się one istotnie od indeksu dla jaj z grupy K (tab. 2). Być może, wielkość zmian byłaby bardziej zauważalna, gdyby podawano kurom paszę z selenem przez dłuższy czas.

Tab. 2. Jakość jaj świeżych (bezpośrednio po zniesieniu) w grupie kontrolnej i doświadczalnych

Cecha	Grupa				SEM
	K LSM	D1 LSM	D2 LSM	D3 LSM	
Masa jaja (g)	63,97 ^a	63,74 ^{ab}	64,17 ^a	61,96 ^b	± 0,66
Jakość białka gęstego (jH)	83,62	84,50	85,68	87,35	± 1,57
Barwa żółtka (skala Roche'a)	9,90	10,07	10,13	10,23	± 0,22
Masa żółtka (g)	16,60 ^{ab}	16,27 ^{ab}	16,68 ^a	15,89 ^b	± 0,28
Zawartość żółtka (%)	25,95	25,53	26,00	25,68	± 0,38
Kolor skorupy (% odbicia)	31,27	32,37	31,90	31,20	± 0,73
Jakość skorupy (ix)	7,84 ^a	8,33 ^b	8,22 ^b	7,73 ^a	± 0,12

Objaśnienia: a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie, $p \leq 0,05$

Tab. 3. Jakość jaj przechowywanych przez 20 dni

Cecha	Grupa				SEM
	K LSM	D1 LSM	D2 LSM	D3 LSM	
Masa jaja (g)	60,99	61,79	62,10	61,15	± 0,64
Jakość białka gęstego (jH)	59,91 ^a	62,59 ^{ab}	65,64 ^b	65,58 ^b	± 1,70
Barwa żółtka (skala Roche'a)	8,40 ^a	9,03 ^b	8,97 ^b	9,23 ^b	± 0,25
Masa żółtka (g)	16,82	17,27	17,18	16,82	± 0,26
Zawartość żółtka (%)	27,59	27,96	27,72	26,84	± 0,38
Kolor skorupy (% odbicia)	29,87 ^a	31,69 ^b	29,93 ^a	29,80 ^a	± 0,84

Objaśnienia: jak w tab. 2.

Przechowywanie jaj przez okres 20 dni przyczyniło się do obniżenia masy jaj, co nastąpiło w wyniku wyparowania z nich wody, do znacznego pogorszenia się jakości białka gęstego wyrażonego w obniżeniu wartości jednostek H, zwiększenia masy żółtka wskutek przeniknięcia do niego wody z białka (tab. 3).

Wymienione zmiany są typowe dla jaj przechowywanych dłużej niż 7 dni. Przy czym jednak istotne pogorszenie jakości pod względem białka gęstego, barwy żółtka dotyczyło jaj od kur z grupy kontrolnej, w której nie stosowano dodatku związków selenu do paszy (tab. 4).

Dodanie związków selenu do mieszanki spowodowało istotne różnice w zawartości omawianego mikroelementu w masie jajecznej (tab. 5). Największa ilość selenu (565 ng/g) charakteryzowała jaja pochodzące od niosek z grupy D2, tj. tych, które otrzymywały w karmie 0,5 ppm organicznej formy selenu, natomiast jaja z pozostałych trzech grup tj. K, D1 i D3 miały zbliżony poziom tego pierwiastka.

Proces pogarszania się jakości jaj związany jest z długością ich przechowywania, jest wynikiem zmian

Tab. 4. Zmiany jakości jaj w trakcie przechowywania jaj przez 20 dni

Cecha	Kierunek zmian	Grupa			
		K	D1	D2	D3
Masa jaja (g)	↓	*	*		
Jakość białka gęstego (LH)	↓	*	*	*	*
Barwa żółtka (skala Roche'a)	↓	*	*	*	*
Masa żółtka (g)	↑		*		*
Zawartość żółtka (%)	↑	*	*	*	*

Objaśnienia: * istotność różnic pomiędzy jajami świeżymi a przechowywanymi, $p \leq 0,05$

Tab. 5. Zawartość selenu w zmiksowanej masie jajecznej (ng/g)

Cecha	Grupa				SEM
	K LSM	D1 LSM	D2 LSM	D3 LSM	
Se 78	317 ^a	340 ^a	565 ^b	317 ^a	± 48,05

Objaśnienia: jak w tab. 2.

biochemicznych w składzie i strukturze tych produktów. Jedną z metod zabezpieczenia jaj przed niekorzystnymi procesami starzenia jest wykorzystywanie w żywieniu drobiu różnego typu przeciwutleniaczy, jak również stymulowanie i mobilizowanie organizmu kury do uruchamiania naturalnych systemów antyoksydacyjnych. Ogromną rolę w ochronie komórek przed destrukcyjnym działaniem wolnych rodników pełni peroksydaza glutationowa GSH-Px, w której skład wchodzi Se-cysteina (8). W doświadczeniach japońskich (13) stwierdzono iż dodatek selenometioniny do paszy dla niosek w ilości 0,3 ppm powoduje wzrost aktywności GSH-Px w żółtku i zwiększenie wartości jednostek H, która stanowi wskaźnik świeżości. Jednostki H w grupie kontrolnej, w przeciwieństwie do bogatych w selen jaj z grup doświadczalnych, zmniejszyły się bardzo gwałtownie w czasie przechowywania. W jajach przechowywanych przez 7 dni stwierdzono istotne różnice w wartości tej cechy. Dane te wskazują na możliwość dłuższego ich przechowywania, co jest bardzo istotne, biorąc pod uwagę zarówno transport, jak też magazynowanie. Ma to znaczenie nie tylko w odniesieniu do jaj konsumpcyjnych, lecz także wylęgowych, u których czas przechowywania odgrywa istotną rolę we wskaźnikach wylęgu. Jak podkreśla Surai (9), niezmiernie ważne dla prawidłowego rozwoju zarodka jest zapewnienie mu odpowiedniego poziomu i źródła selenu, a przez to wysokiej ochrony antyoksydacyjnej, co pozwala nawet na obniżenie zapotrzebowania na witaminę E. Należy jednak pamiętać, że wszystkie niezbędne do rozwoju zarodka komponenty muszą zostać zdeponowane w jajku przed jego zniesieniem (14), stąd ogromna rola żywienia stad reprodukcyjnych. W wielu badaniach wykazano, że lepiej przyswajalną formą selenu są jego organiczne związki (np. Se-Met), czego dowodzi kumulowanie większej ilości tego pierwiastka w żółtku (5, 14). Wyniki badań Edensa (2) potwierdzają, że nie bez znaczenia jest także rola selenu w żywieniu kogutów w stadach reprodukcyjnych. Koguty żywione paszą z niską zawartością Se, jak i te, którym podawano w paszy nieorganiczne formy tego pierwiastka, miały w ejakulatach więcej plemników nienormalnych w porównaniu do nasienia kogutów żywionych paszą z dodatkiem Se-Met pochodzącej z preparatu Sel-PlexN. Selen, będąc częścią kompleksu PH-GSH-Px (fosfolipidowa hydroksy peroksydaza glutationowa) w błonach komórek jąder kogutów, pełni rolę silnego przeciwutleniacza chroniącego rozwijające się w jądrach plemniki przed szkodliwym działaniem wolnych rodników (4, 12).

Istotnym zagadnieniem jest żywienie zwierząt prowadzące do wytworzenia nowego produktu rozpatrywanego w kategoriach żywności funkcjonalnej. Coraz większego znaczenia zaczyna nabierać wzbogaca-

nie produktów pochodzenia zwierzęcego, w tym także jaj, w pierwiastki czy inne związki ważne z punktu widzenia diety człowieka, takie jak wielonienasycone kwasy tłuszczowe, witaminę E, karoteny, jod czy selen. Selen jest pierwiastkiem, który ma widoczny wpływ na zdrowie ludzi (6). Mięso i jaja stanowią dwa podstawowe produkty, które są źródłem selenu, wobec czego duże znaczenie ma wzbogacanie ich w ten pierwiastek, szczególnie w krajach, gdzie spożycie tego pierwiastka jest niewielkie (np. w Szkocji). Wyprodukowanie jaja zawierającego połowę dziennego zapotrzebowania człowieka na selen (30 µg) można uzyskać stosując w paszy dla niosek 0,4-0,5 ppm selenu (10).

Istotnym zagadnieniem z punktu fizjologii zwierząt jest forma i źródła stosowanego selenu. Wszystkie zwierzęta, łącznie z drobiem, wykorzystują dobrze organiczne formy selenu, głównie jako Se-Met, natomiast układ pokarmowy nie jest dostosowany do przetwarzania selenu nieorganicznego (seleniany i seleniny). Se-Met jest aktywnie przyswajana w przewodzie pokarmowym jako aminokwas podlegający zbliżonym procesom do przyswajania metioniny. Podobna budowa Se-Met i metioniny pozwala na to, aby organizm stosował ją wymiennie w systemie białka. Może być magazynowana jako rezerwa w mięśniach. Se-Met nie jest syntetyzowana przez organizm, wobec czego nie tworzą się rezerwy selenu w mięśniach, gdy stosuje się selen nieorganiczny.

Piśmiennictwo

1. *Davis R. H., Fear J.*: Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. *Br. Poultry Sci.* 1996, 37, 197-211.
2. *Edens F. W.*: Practical applications for selenomethionine: broiler breeder reproduction. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proc. Alltech's 18th Annual Symp. Warsaw 2002*, s. 29-42.
3. *Leeson S., Summers J. D.*: Nutrition of the Chicken. Ontario 2001, 407-408.
4. *Lenzi A., Gandini L., Picaro M., Tramer F., Sandri G., Panfili E.*: Lipidperoxidation damage of spermatozoa polyunsaturated fatty acids: scavenger mechanisms and possible scavenger therapies. *Frontiers in Bioscience* 2000, 5, el-15.
5. *Paton N. D., Cantor A. H., Pescatore M. J., Ford M. J., Smith C. A.*: Effect of dietary selenium source and level of inclusion on selenium content of incubated eggs. *Poultry Sci.* 2000, 79 (Suppl. 1), 40.
6. *Rayman M. P.*: The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000, 356, 233-241.
7. *Scott M. L., Nesheim M. C., Young R. J.*: Nutrition of the Chicken. Scott M. L. & Associates, Ithaca 1982.
8. *Shamberger R. J.*: Selenium metabolism in man and animals, [w:] *Frontiers in Bioinorganic Chemistry*. Weinheim X.A.V. 1986, 152-159.
9. *Surai P. F.*: Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. *Br. Poult. Sci.* 2000, 41, 235-243.
10. *Surai P. F., Dvorska J. E.*: Dietary organic selenium and eggs: from improvements in egg quality to production of functional food. *Proc. IX Europ. Symp. Quality of Eggs and Egg Products, Kusadasi, Turkey 2001*, s. 163-169.
11. *Surai P. F., Fujihara N., Speake B. K., Brillard J.-P., Wishart G. J., Sparks N. H. C.*: Polyunsaturated fatty acids, lipid peroxidation and oxidant protection in avian semen. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2001, 14, 1024-1050.
12. *Ursini F., Heim S., Kliess M., Maiorino M., Roveri A., Wissing J., Floh  L.*: Dual function of the selenoprotein PHGSHPx during sperm maturation. *Science* 1999, 285, 1393-1396.
13. *Wakebe M.*: Organic selenium and egg freshness. Patent# 10-23864. Feed for meat chickens and feed for laying hens. Japanese Patent Office, Application Heisei 8-179629. Published, Jan. 27 1988.
14. *White III H. B.*: Maternal diet, maternal proteins and egg quality. *Wdeeming DC., Egg Incubation: Its Effects on Embryonic Development in Birds and Reptiles*. Cambridge University Press, Cambridge 1991, s. 227-238.

Adres autora: dr Agnieszka Boruta, ul. Ciszewskiego 8, 02-786 Warszawa;
e-mail: boruta@delta.sggw.waw.pl