

TOMASZ SZABLEWSKI, EWA GORNOWICZ, KINGA STUPER-SZABLEWSKA,  
ANNA KACZMAREK, RENATA CEGIELSKA-RADZIEJEWSKA

## SKŁAD MINERALNY TREŚCI JAJ KUR RAS ZACHOWAWCZYCH Z CHOWU EKOLOGICZNEGO

### Streszczenie

Jaja wyróżniają się znaczną wartością odżywczą i stanowią składnik wielu produktów żywnościowych. Wynika to z zawartości w ich treści wielu niezbędnych dla życia składników, w tym także mineralnych. Skład mineralny jaja kurzego jest zmienny i w znacznej mierze zależy od czynników żywieniowych oraz genetycznych. Celem badań było porównanie zawartości dziewięciu makro- i mikroelementów w treści jaj kur wybranych ras zachowawczych: Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red i Sussex, utrzymywanych w warunkach gospodarstwa ekologicznego i żywionych w jednakowy sposób. Wybrane pierwiastki oznaczono metodą AAS. Wykazano istotne zróżnicowanie jaj pod względem zawartości pierwiastków, zależne od rasy kur. Największą zawartość magnezu ( $161,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), miedzi ( $1,46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i selenu ( $0,35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w treści jaj kur Sussex. Jaja kur Rhode Island Red zawierały najwięcej potasu ( $1377,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), żelaza ( $47,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i manganu ( $151,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Zielononóżka kuropatwiana znosi jaja, w treści których wykazano największą zawartość cynku ( $23,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a w przypadku Żółtonóżki kuropatwianej – sodu ( $1820,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i wapnia ( $618,21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

**Słowa kluczowe:** kura, rasa, jaja, składniki mineralne, ekologia

### Wprowadzenie

Jaja należą do grupy produktów spożywczych charakteryzujących się wysoką wartością odżywczą, związaną z zawartością i proporcją w ich treści wielu składników odżywczych, takich jak: białka o wysokiej wartości biologicznej, lipidy, witaminy i składniki mineralne [14].

---

*Dr inż. T. Szablewski, dr inż. A. Kaczmarek, dr R. Cegielska-Radziejewska, Katedra Zarządzania Jakością Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, dr K. Stuper-Szablewska, Katedra Chemii, Wydz. Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań; dr hab. E. Gornowicz, prof. nadzw., Instytut Zootechniki – PIB, Stacja Zasobów Genetycznych Drobiu Wodnego w Dworzyskach, 62-036 Kórnik*

Skład mineralny jaja kurzego może być modyfikowany np. poprzez dobór warunków utrzymania, w tym skład podawanej paszy [8, 13]. Treść jaja jest szczególnie bogata w jony takich pierwiastków, jak: fosfor, chlor, potas, sód, siarka, wapń, magnez, i żelazo. W ilościach mniejszych, a nawet śladowych, występują jony: cynku, fluoru, bromu, jodu, miedzi, manganu, arsenu, boru, baru, chromu, glinu, krzemu, litu, molibdenu, ołowiu, rubidu, seleniu, strontu, kobaltu, tytanu, uranu, wanadu i srebra [6]. W składzie mineralnym jaja w grupie makropierwiastków największe znacznie ma fosfor. Spożycie jednego średniego jaja pokrywa w 13 % dzienne zapotrzebowanie człowieka na ten pierwiastek. Duża jest również zawartość elektrolitów ustrojowych, tj. sodu i chloru (pokrycie 12 % dziennego zapotrzebowania), przy niewielkiej 2-procentowej podaży potasu. Wśród mikropierwiastków jajo kurze cechuje duża zawartość żelaza i cynku, a spożycie jednego jaja pokrywa odpowiednio w 10 i 6 % zapotrzebowanie człowieka na te metale. Natomiast średnia zawartość jodu i seleniu w jajach może pokryć to zapotrzebowanie odpowiednio w 7,5 i 13 % [9, 10].

Zmiany, jakie zachodzą w sposobie odżywiania, jak również w zakresie wymagań jakościowych i bezpieczeństwa zdrowotnego żywności powodują, że konsument, w warunkach nadmiernej podaży jaj z intensywnej produkcji fermowej, szuka na rynku jaj od kur żywionych paszami bez dodatku komponentów modyfikowanych genetycznie i korzystających z zielonych wybiegów. Jednym z możliwych rozwiązań, służących spełnieniu wymagań konsumentów i zapewnieniu wysokiego dobrostanu niosek, może być ekologiczny typ ich utrzymania. W chowie kur prowadzonym metodami ekologicznymi ich nieśność jest stosunkowo mała, co wynika w dużej mierze z żywienia bez dodatków stymulujących produktywność czy też wzmagających apetyt bądź aminokwasów syntetycznych itp. Dlatego też na uwagę zasługują modele ekologicznej produkcji jaj, polegające na doborze odpowiednich cech genetycznych ptaków i dostosowaniu im żywienia, w celu pozyskania jaj o wysokich walorach odżywczych i dietetycznych oraz dobrej efektywności ekonomicznej ich produkcji. Wyniki dotychczasowych badań [4], a także zalecenia wynikające z rozporządzeń dotyczących produkcji ekologicznej wskazują, że regionalne rasy zwierząt są bardziej predysponowane do chowu ekologicznego. Także rasy zachowawcze kur (Rhode Island Red, Zielononóżka, Żółtonóżka, Sussex i inne) oraz ich mieszańce mogą przyczynić się, przy dobrych wskaźnikach użytkowości, do pozyskania jaj o odpowiednich walorach dietetycznych i odżywczych [12, 18].

Celem badań była ocena zawartości wybranych pierwiastków w treści jaj kur ras zachowawczych: Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red i Sussex, utrzymywanych w warunkach gospodarstwa ekologicznego.

## Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły kury czterech ras/rodów zachowawczych: Sussex (S-66), Rhode Island Red (R-11), Żółtonóżka kuropatwiana (Ż-33) i Zielononóżka kuropatwiana (Z-11). Wyboru grup ptaków dokonywano na podstawie zdolności kur do dostosowania się do miejscowych warunków, żywotności i odporności na choroby. Uwzględniono różnorodność biologiczną, propagowaną w rozporządzeniu Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r.

Pisklęta wszystkich grup doświadczalnych wylęzione w tym samym dniu wstawiono do wychowu w jednakowych warunkach technologicznych. Ptaki od 7. tygodnia życia utrzymywano w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki PIB Grodziec Śląski Sp. z o.o., w certyfikowanym Gospodarstwie Ekologicznym w Jaworzu (PL-EKO-09/927/10) i karmiono w jednakowy sposób. Ptaki otrzymywały pasze o wartości pokarmowej odpowiedniej dla danego okresu wzrostu kur. Żywiące były paszą złożoną ze składników uzyskanych w produkcji ekologicznej oraz z naturalnych substancji nierolniczych, która nie zawierała organizmów genetycznie modyfikowanych ani produktów wyprodukowanych z nich lub z ich udziałem. W okresie produkcji nieśnej, tj. od 19. dnia życia, kury żywiono własnymi paszami ekologicznymi (pszenica, jęczmień, peluszką, bobik, groch) oraz zakupioną pszenicą, dodatkami mineralnymi i żwirkiem wapniowym. Mieszanka paszowa zawierała minimum 65 % śrut zbożowych i była przygotowywana w gospodarstwie ekologicznym Jaworze, które jest wyposażone we własną mieszalnię pasz. Zawartość podstawowych składników pokarmowych, mineralnych oraz mikroelementów przedstawiono w tab. 1. Wartości te obliczono zgodnie z normami [16]. Ponadto kury miały stały dostęp do wybiegu, którym było pastwisko o powierzchni około 2 ha i wysokiej bioróżnorodności.

W 30. tygodniu życia kur wybierano po 20 jaj z każdej grupy doświadczalnej do oznaczeń zawartości pierwiastków. W każdej grupie jaja dzielono na pięć prób po 4 sztuki, wybijano je i treść homogenizowano. Następnie pobierano 0,3 g homogennej masy jajowej i spalano w mineralizatorze mikrofalowym Mars 5-CEM Corporation (Matthews, NC, USA). Zawartość wybranych pierwiastków: sodu, wapnia, potasu, magnezu, żelaza, cynku, miedzi, manganu i selenu oznaczano metodą spektrometrii absorpcji atomowej (AAS), z użyciem spektrometru AA Duo-AA280FS/AA280Z (Agilent Technologies, Mulgrave, Victoria, Australia). Stosowano jednopierwiastkowe lampy katodowe HCL firm Varian oraz Perkin Elmer. Dla każdego z metali wdrażano procedurę optymalizacji warunków oznaczania.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica PL v. 9.0. Wykonano analizę dyskryminacyjną w celu określenia istotności różnic ilości oznaczanych pierwiastków w treści jaj badanych ras kur nieśnych utrzymywanych w jednakowych warunkach środowiskowych i żywieniowych, zgodnych z wymogami produkcji ekologicznej. Zmiennymi dyskryminującymi była zawartość czterech bada-

nych pierwiastków: sodu, potasu, wapnia, żelaza. Analizę wykonano metodą standardową, a jej wyniki przedstawiono za pomocą mapy konfiguracji.

Tabela 1

Zawartość podstawowych składników pokarmowych w mieszance paszowej.  
Content of primary nutrients in feed mixtures.

Składniki / Components	Jednostka / Unit	Zawartość / Content
Energia metaboliczna / Metabolic energy	MJ·kg <sup>-1</sup>	10,20
Białko ogólne / Total protein	%	12,60
Tłuszcz surowy / Raw fat	%	2,10
Włókno surowe/ Raw fibre	%	3,20
Zw. miner. jako popiół / Minerals in the form of ash	%	1,90
Woda / Water	%	13,70
Sód / Sodium	%	0,15
Chlor / Chlorine	%	0,16
Wapń / Calcium	%	3,20
Fosfor przyswajalny / Assimilable phosphorus	%	0,31
Potas / Potassium	%	0,23
Magnez / Magnesium	%	0,03
Mangan / Manganese	mg	61,4
Cynk / Zinc	mg	52,5
Żelazo / Iron	mg	42,6
Miedź / Copper	mg	5,0
Jod / Iodine	mg	0,71
Selen / Selenium	mg	0,13

## Wyniki i dyskusja

Spośród badanych ras kur nieśnych największą, statystycznie istotną ( $p < 0,05$ ) zawartością sodu cechowała się treść jaj Żółtonóżki kuropatwianej – 1820,92 mg·kg<sup>-1</sup> i Rhode Island Red – 1794,34 mg·kg<sup>-1</sup>, a treść jaj pozyskanych od pozostałych ras odznaczała się mniejszą ilością tego pierwiastka (tab. 2). Zawartość sodu w każdym z analizowanych przypadków była wyższa od 1410 mg·kg<sup>-1</sup>, tj. ilości standardowej, przyjętej dla treści jaj z chowu konwencjonalnego [9, 10]. Ponadto treść jaj Rhode Island Red i Zielononóżki kuropatwianej charakteryzowała się największą zawartością potasu, odpowiednio: 1377,02 i 1373,76 mg·kg<sup>-1</sup>. Uzyskane wyniki oznaczeń potasu w treści jaj analizowanych ras nie różniły się od standardowej zawartości potasu w treści jaj, która kształtuje się na poziomie 1333 mg·kg<sup>-1</sup> [9, 10].

Tabela 2

Średnia zawartość pierwiastków w treści jaj od kur utrzymywanych w warunkach ekologicznych.  
Mean content of elements in contents of eggs from hens bred under ecological conditions.

Zawartość pierwiastka Content of Element [mg·kg <sup>-1</sup> ] $\bar{x} \pm s_x$	Sussex	Rhode Island Red	Zielononóżka kuropatwiana Greenleg Partridge	Żółtonóżka kuropatwiana Yellowleg Partridge
Sód Sodium	1601,16 <sup>c</sup> ± 56,78	1794,34 <sup>b</sup> ± 56,08	1674,42 <sup>c</sup> ± 37,89	1820,92 <sup>a</sup> ± 40,32
Potas Potassium	1240,59 <sup>b</sup> ± 20,06	1377,02 <sup>a</sup> ± 21,81	1373,76 <sup>a</sup> ± 28,49	1139,01 <sup>c</sup> ± 31,15
Wapń Calcium	442,43 <sup>c</sup> ± 1,06	589,24 <sup>b</sup> ± 6,15	559,71 <sup>b</sup> ± 28,06	618,21 <sup>a</sup> ± 14,75
Magnez Magnesium	161,13 <sup>a</sup> ± 6,79	151,50 <sup>b</sup> ± 5,97	143,66 <sup>c</sup> ± 3,63	139,93 <sup>c</sup> ± 2,82
Żelazo Iron	26,60 <sup>c</sup> ± 1,19	47,63 <sup>a</sup> ± 2,05	31,60 <sup>b</sup> ± 2,65	23,17 <sup>c</sup> ± 1,69
Cynk Zinc	21,85 <sup>a</sup> ± 1,00	21,45 <sup>a</sup> ± 1,16	23,33 <sup>a</sup> ± 0,58	18,22 <sup>b</sup> ± 0,88
Miedź Copper	1,46 <sup>a</sup> ± 0,36	1,20 <sup>a</sup> ± 0,40	1,25 <sup>a</sup> ± 0,45	1,08 <sup>a</sup> ± 0,37
Mangan Manganese	0,75 <sup>a</sup> ± 0,13	0,80 <sup>a</sup> ± 0,10	0,75 <sup>a</sup> ± 0,06	0,68 <sup>a</sup> ± 0,09
Selen Selenium	0,35 <sup>a</sup> ± 0,03	0,22 <sup>a</sup> ± 0,04	0,28 <sup>a</sup> ± 0,08	0,26 <sup>a</sup> ± 0,05

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation;

a, b, c – te same litery oznaczają brak różnic statystycznie istotnych w obrębie analizowanego parametru ( $p < 0,05$ ) / the same letters denote no statistically significant differences ( $p < 0,05$ ) within the parameter analyzed.

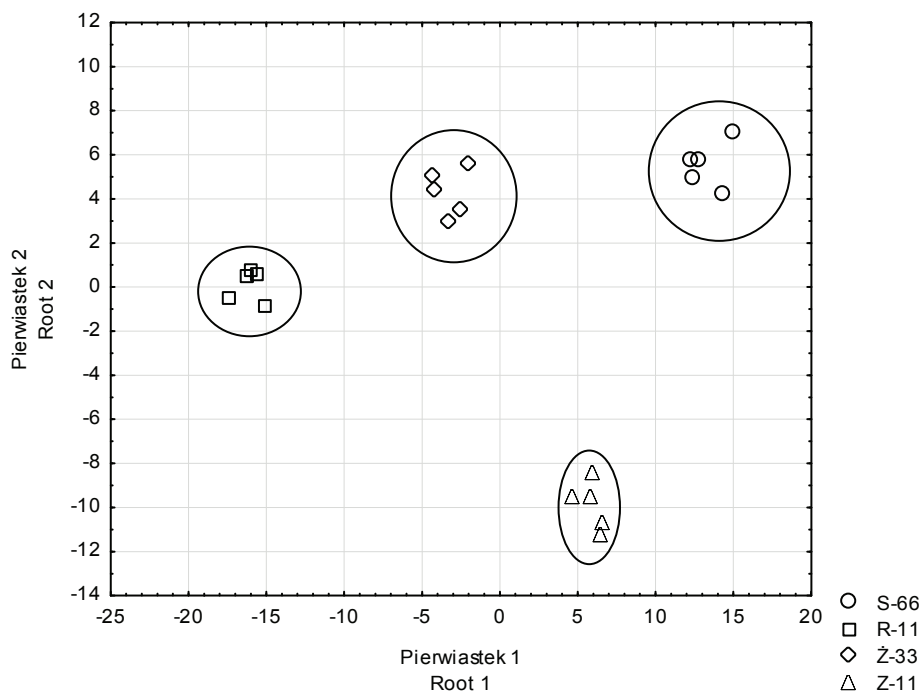
Standardowa zawartość wapnia w treści jaj uzyskanych od kur z chowu konwencjonalnego wynosi 470 mg·kg<sup>-1</sup> [9, 10]. Wśród badanych ras kur najwięcej wapnia stwierdzono w treści jaj Żółtonóżki kuropatwianej – 618,21 mg·kg<sup>-1</sup>, a najmniej w treści jaj kur Sussex – 442,43 mg·kg<sup>-1</sup>. W przypadku magnezu proporcja ta kształtowała się odwrotnie. W treści jaj niosek Sussex magnezu było ponad 161 mg·kg<sup>-1</sup>, a Żółtonóżki kuropatwianej – niespełna 140 mg·kg<sup>-1</sup>. We wszystkich analizowanych przypadkach zawartość wapnia była większa od ilości tego pierwiastka przyjętego dla treści jaj standardowych z chowu konwencjonalnego (120 mg·kg<sup>-1</sup>) [9, 10]. Pomimo tego, że treść jaj kur utrzymywanych w warunkach chowu ekologicznego była bogatsza

w wapń, to treść jaja jest ubogim źródłem tego pierwiastka, ponieważ codzienne zapotrzebowanie na wapń u dorosłego człowieka wynosi do 1100 mg [17].

Treść jaj kur Rhode Island Red była najbardziej zasobna w żelazo – zawierała go ponad  $47 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najmniejszą ilość żelaza –  $23,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  stwierdzono w jajach Żółtonóżki kuropatwianej, podobną do standardowej ilości ( $22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) żelaza w treści jaj [9, 10]. Żelazo występuje w jajach w postaci zarówno organicznej, jak i nieorganicznej [15]. Przyjmuje się, że jedno jajo pokrywa ok. 10 % zapotrzebowania na ten pierwiastek [11], jednak w literaturze przedmiotu dyskutowana jest kwestia przyswajalności żelaza jaja kurzego. Ponad 95 % żelaza w jajach znajduje się w żółtku w postaci związanej z fosfityną, a biologiczna przyswajalność tej postaci żelaza oceniana jest na niespełna 30 % [5]. Natomiast fosfityna traktowana jest dziś jako składnik funkcjonalny jaja, ponieważ wykazano, że fosfopeptydy otrzymane z fosfityny wykazują zdolność wiązania wapnia i mogą zwiększyć jego przyswajalność w przewodzie pokarmowym człowieka [8]. Spośród badanych ras kur nieśnych największą ilością cynku charakteryzowała się treść jaj Zielononóżki kuropatwianej –  $23,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Natomiast treść jaj kur Sussex i Rhode Island Red zawierała pośrednią ilość tego pierwiastka, kształtującą się na zbliżonym poziomie (odpowiednio:  $21,85$  i  $21,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Oznaczona zawartość cynku jest większa od ilości uznawanej za standardową, tj.  $17,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Podobnie, jak w przypadku żelaza, treść jaj Żółtonóżki kuropatwianej zawierała zbliżoną do standardu ilość cynku ( $18,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) [9, 10]. W przypadku oznaczeń ilości miedzi w treści jaj kur z chowu ekologicznego w każdym z analizowanych przypadków stwierdzono większą zawartość tego pierwiastka wobec standardowej ilości:  $0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [9, 10]. Największą zawartością miedzi cechowała się treść jaj niosek rasy Sussex –  $1,46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , następnie Rhode Island Red i Żółtonóżki kuropatwianej –  $12,5$  i  $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a najmniejszą –  $10,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Żółtonóżki kuropatwianej. Pod względem ilości manganu w treści jaj badanych ras stwierdzono śladowe ilości tego pierwiastka. Jaja od niosek Rhode Island Red cechowały się największą ilością tego pierwiastka ( $0,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a jaja Żółtonóżki kuropatwianej – najmniejszą, niespełna  $0,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Pomimo tego, są to ilości wyższe od  $0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  manganu uznawanego za standardową jego zawartość w treści jaj [9, 10]. Ostatnim analizowanym składnikiem treści jaj był selen. W treści jaj niosek kur utrzymywanych w warunkach konwencjonalnych stwierdza się średnio  $0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [9, 10]. Uzyskane ilości selenu analizowanych treści jaj kur z chowu ekologicznego były zbliżone do standardowej zawartości. Największą ilość tego pierwiastka oznaczono w jajach od kur rasy Sussex –  $0,35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a najmniejszą w grupie Rhode Island Red –  $0,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Skład chemiczny i wartość odżywcza jaj kurzych uwarunkowane są generalnie czynnikami genetycznymi. Czynniki środowiskowe, w tym żywienie niosek, jest jednym ze sposobów mogących w pewnym zakresie modyfikować skład jaja. Zmieniając skład paszy można otrzymywać jaja wzbogacane w niektóre składniki pokarmowe.

Korzystne wyniki uzyskano przy stosowaniu dużych ilości jodu i selenu w mieszankach. Są one odkładane w tkankach i w treści jaj [2, 3, 7]. Do modyfikacji zawartości selenu w jajach stosuje się selen w postaci związków nieorganicznych i organicznych [19]. Spośród tych pierwszych selenin sodowy jest potencjalnie toksyczny i wykazuje właściwości prooksydacyjne. Związek organiczny selenu – selenometionina może oddziaływać przeciwutleniająco. Generalnie, żółtko wykazuje większą zdolność kumulacji selenu aniżeli białko. Stwierdzono również, że wraz ze wzrostem zawartości selenu w paszy niosek wzrasta stężenie antyoksydacyjnej witaminy E w żółtku jaja. Dodatkowym efektem przeciwutleniającym selenu podawanego nioskom jest wzrost aktywności selenoenzymu, tj. peroksydazy glutationowej w żółtkach jaj. Jest to równoznaczne z poprawą ich stabilności oksydatywnej podczas przechowywania [6, 7].



S-66 ród/rasa Sussex / Sussex line/breed; R-11 ród/rasa Rhode Island Red / Rhode Island Red line/breed; Ż-33 ród/rasa Żółtonóżka kuropatwiana / Yellowleg Partridge line/breed; Z-11 ród / rasa Zielononóżka kuropatwiana / Greenleg Partridge line / breed.

Rys. 1. Mapa konfiguracji wyznaczona metodą analizy dyskryminacyjnej na podstawie zawartości składników mineralnych w treści jaj.

Fig. 1. Configuration map developed using discriminant analysis based on content of mineral elements in egg contents.



Na podstawie przeprowadzonej analizy dyskryminacyjnej zaobserwowano, że badane zmienne utworzyły grupy odpowiadające poszczególnym rodom/rasom niosek (rys. 1). Potwierdza to genotypową zależność zawartości badanych pierwiastków w treści jaj kur nieśnych ocenianych ras. Największą siłę dyskryminacyjną wykazano w przypadku żelaza oznaczonego w treści jaj (lambda Wilksa 0,000182). W odniesieniu do pozostałych analizowanych pierwiastków wartości lambda Wilksa wynosiły: wapń – 0,000146, potas – 0,000047 i sód – 0,000039.

Oczekiwania humanitarnego chowu kur, promowanie ekologicznego sposobu ich utrzymania oraz wymagania odnośnie do wartości odżywczej jaj skłaniają do wniosku, że niezbędny jest odpowiedni dobór genetyczny rodów/ras niosek do takiej produkcji. W badaniach [1, 6, 7, 18] wykazano, że przydatność stosowanych metod wzbogacania treści jaj w składniki mineralne sposobem żywieniowym może być kontrowersyjna. Wydaje się, że zwiększona podaż określonego składnika w mieszance paszowej spowoduje poprawę zawartości tego składnika w treści jaja. Jednak skład mineralny jaja, jako komórki rozrodczej, nie podlega dużej zmienności, natomiast możliwość wykorzystania pierwiastków, zwłaszcza mikroelementów z paszy jest ograniczona, a ich nadmiar wydalany jest do środowiska.

## Wnioski

1. Stwierdzono zróżnicowanie zawartości pierwiastków w treści badanych jaj. Spośród badanych ras treść jaj kur Sussex jest najbogatsza w magnez, miedź i selen. W treści jaj Rhode Island Red jest najwięcej potasu, żelaza i manganu. Zielononóżka kuropatwiana znosi jaja, w treści których wykazano największą zawartość cynku, a w przypadku Żółtonóżki kuropatwianej – sodu i wapnia.
2. Jaja kur rasy Zielononóżka kuropatwiana, Żółtonóżka kuropatwiana, Rhode Island Red oraz Sussex, utrzymywanych zgodnie z wymogami rolnictwa ekologicznego, ze względu na bogaty skład mineralny mogą być uznawane za żywność funkcjonalną.

## Literatura

- [1] Bourre J.M., Galea F.: An important source of omega-3 fatty acids, vitamins D and E, carotenoids, iodine and selenium: a new natural multi-enriched egg. *J. Nutr. Health. Aging*, 2006, **10 (5)**, 371-376.
- [2] Cerovská J., Bílek R., Zamrazilová H., Hoskovcová P., Vosátková M.: Changes in iodine supply in adult Czech population after iodine deficit eradication and causes. Random study of adults in two regions in the Czech republic with in between period of 5 years. *Vnitr. Lek.*, 2006, **52 (10)**, 858-863.
- [3] Franke K., Schöne F., Berk A., Leiterer M., Flachowsky G.: Influence of dietary iodine on the iodine content of pork and the distribution of the trace element in the body. *Eur. J. Nutr.*, 2008, **47 (1)**, 40-46.



- [4] Gornowicz E., Węglarzy K., Bereza M.: Ocena jakości jaj oraz analiza efektywności ekonomicznej ich pozyskiwania w aspekcie rolnictwa ekologicznego. W: Wyniki badań z zakresu rolnictwa ekologicznego w 2010 roku. Wyd. MRiRW, Warszawa 2011, ss. 275-284.
- [5] Greengard O., Sentenac A., Mendelsohn N.: Phosvitin, the iron carrier of egg yolk. *Biochem. Biophys. Acta.*, 1964, **19 (90)**, 406-407.
- [6] Gutierrez M.A., Takahashi H., Juneja L.R.: Nutritive evaluation of hen eggs. In: *Hen Eggs, Their Basic and Applied Science*. Ed. T. Yamamoto, L.R. Juneja, H. Hatta, M. Kim. CRC Press. New York 1997, pp. 25-35.
- [7] Jamroz D.: Możliwość sterowania jakością produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego poprzez żywienie zwierząt. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Zootechnika*, 2004, **42 (505)**, 99-105.
- [8] Jiang B. Mine Y.: Preparation of novel functional oligophosphopeptides from hen egg yolk phosvitin. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 990-994.
- [9] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. *IŻŻ*, Warszawa 1998.
- [10] Marzec Z., Kunachowicz H., Iwanow K., Rutkowska U.: Tabele zawartości pierwiastków śladowych w produktach spożywczych. *IŻŻ*, Warszawa 1992.
- [11] Michaud L, Guimber D., Mention K., Neuville S., Froger H., Gottrand F., Turck D.: Tolerance and efficacy of intravenous iron saccharate for iron deficiency anemia in children and adolescents receiving long-term parenteral nutrition. *Clin. Nutr.*, 2002, **21 (5)**, 403-407.
- [12] Pingel H., Jeroch H.: Egg quality as influenced by genetic, management and nutritional factor. *Proceedings of the VII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, Poznan, Poland, 1997, pp. 13-27.
- [13] Pisulewski P.: Wartość odżywcza jaj kurzych oraz współczesne metody jej kształtowania. W: *Jajczarstwo – nauka, technologia, praktyka*. Red. T. Trziszka. Wyd. AR Wrocław 2000, ss. 189-217.
- [14] Seuss-Baum I.: Nutritional evaluation of egg compounds. In: *Bioactive egg compounds*. Ed. R. Huopalathi, R. Lopez-Fandino, M. Anton, R. Schade. Springer, Berlin 2007, pp. 117-144.
- [15] Skrivan M.V., Skrivanova M., Marounek M.: Effects of dietary zinc, iron and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil and herbage. *Poult. Sci.*, 2005, **84**, 1570-1575.
- [16] Smulikowska S., Rutkowski A.: Normy żywienia drobiu. Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Red. S. Smulikowska, A. Rutkowski. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna 2005.
- [17] Titchenal C.A., Dobbs J.: A system to assess the quality of food sources of calcium. *J. Food Compos. Anal.*, 2007, **20 (8)**, 717-724.
- [18] Trziszka T.: Budowa i skład chemiczny jaja. W: *Jajczarstwo – nauka, technologia, praktyka*. Red. T. Trziszka. Wyd. AR Wrocław 2000, s.147.
- [19] Wira T., Górecki H., Dobrzański Z.: Investigations on selenium additives obtained as feed microelements. *Prace Naukowe Inst. Technol. Nieorg. i Nawozów Miner. Politechniki Wrocławskiej*, 1996, **45**, 223-230.

#### **MINERAL COMPOSITION OF CONTENTS IN TABLE EGGS FROM AUTOCHTHONOUS HEN BREEDS BRED UNDER ECOLOGICAL CONDITIONS**

##### **S u m m a r y**

Eggs stand out because of their considerable nutritional value; they constitute a component of many food products. This is for the reason that they contain many necessary ingredients for life including miner-

als. The mineral composition of table eggs changes and depends, to a large extent, from nutritional and genetic factors. The objective of the research study was to compare the content of nine macro- and micro-elements in the contents of eggs from the selected autochthonous hen breeds: Greenleg Partridge, Yellowleg Partridge, Rhode Island Red, and Sussex, which were kept under ecological conditions and fed in a uniform way. The selected elements were determined using an AAS method. As regards the content of elements, a significant differentiation of eggs was found depending on the hen breed. The highest amounts of the following elements were found in the contents of Sussex eggs: magnesium ( $161.13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), copper ( $1.46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), and selenium ( $0.35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). The eggs of the Rhode Island Red hens had the highest content of potassium ( $1377.02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), iron ( $47.63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), and manganese ( $151.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). The Greenleg Partridge hen laid eggs the contents of which had the highest level of zinc ( $23.33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and the Yellowleg Partridge hen laid eggs with the contents containing the highest amounts of sodium ( $1820.92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and calcium ( $618.21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

**Key words:** hens, breed, eggs, minerals, ecology ☒