



MOGUĆNOST KORIŠTENJA SELENOM BIOFORTIFICIRANOG KUKURUZA U HRANI KOKOŠI NESILICA

POSSIBILITY OF USING SELENIUM-BIOFORTIFIED CORN IN FEED FOR LAYING HENS

Zlata Kralik, Irena Išasegi

Izvorni znanstveni članak – Original scientific paper
Primljeno – Received: 11. Srpanj – July 2018

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj korištenja različitih razina selenom biofortificiranog kukuruza u krmnim smjesama za nesilice na kvalitetu jaja i povećanje sadržaja selena u jajima. Pokusno razdoblje trajalo je 4 mjeseca. U pokusu je korišteno 45 kokoši pasmine hrvatica (crveni soj), a bile su podijeljene u tri skupine (A, C i D). Kokoši skupine A predstavljale su kontrolnu skupinu i konzumirale su krmne smjese komercijalnog sastava, dok su skupine nesilica C i D konzumirale smjese sa selenom biofortificiranim kukuruzom na dvije razine (niža i viša razina selena; 0,2 mg/kg i 0,4 mg/kg krmne smjese). Analizom rezultata utvrđeno je da kukuruz biofortificiran nižom razinom selena u smjesama za nesilice može zamijeniti selen koji se dodaje u premiks. Korištenjem kukuruza biofortificiranog višom razinom selena u hrani kokoši pasmine hrvatica statistički se značajno povećava sadržaj selena u jestivom dijelu jaja ($P < 0,001$), te se pozitivno djeluje na pokazatelje kvalitete jaja (HJ, visinu bjelanjaka, boju žumanjaka, pH bjelanjaka i pH žumanjaka; $P < 0,05$).

Ključne riječi: kukuruz, biofortifikacija, selen, kvaliteta jaja

UVOD

Prvi projekt u kojemu je rađena biofortifikacija žitarica bio je na Međunarodnom institutu za istraživanje riže u gradu Manili na Filipinima, 1992. godine. Cilj tog projekta bio je povećati sadržaj željeza i cinka u zrnu riže. Nakon uspješno obavljene biofortifikacije riže mikroelementima, u projekt su uključeni istraživački timovi diljem svijeta, te su razvijene linije riže s povećanim sadržajem željeza, cinka i β -karotena (Sautter i sur., 2006.). Osim na riži, biofortifikacija se počela primjenjivati i na drugim ratarskim kulturama kao na primjer pšenici, kukuruzu, tropskoj biljci cassavi, slatkom krumpiru i grahu (Rajasekaran i Kalaivani, 2013.). Gotovo polovica stanovništva u svijetu ne unosi hranom dovoljno mikroelemenata koji su neophodni za zdravlje čovjeka, a potrebni su u malim količinama za pravilno funkcioniranje imu-

nološkog sustava te različitih metaboličkih procesa u organizmu. U mnogim regijama svijeta koncentracija selena u tlu je niska ($< 0,05$ mg/kg) što utječe na nisku koncentraciju selena u krmivima za životinje te hrani za ljude. Važno je naglasiti da selen nije esencijalan za biljke, one ga akumuliraju u vegetativnim i generativnim dijelovima u skladu s raspoloživim količinama selena u agroekosustavu (Kralik i Lončarić, 2017.). Cilj rada bio je utvrditi mogućnost korištenja selenom biofortificiranog kukuruza u hrani za nesilice u svrhu povećanja sadržaja selena u jajima.

MATERIJAL I METODE

U istraživanju je korišteno 45 kokoši pasmine hrvatica. Kokoši su bile podijeljene u tri skupine (A, C i D). Kokoši skupine A konzumirale su smjesu

izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik, e-mail: Zlata.Kralik@pfos.hr, Irena Išasegi, univ.bacc.ing.agr., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska.

komercijalnog sastava te su predstavljale kontrolu, dok su skupine C i D konzumirale smjesu sa kukuruzom hibrida Bergxxon (RWA, FAO grupa 400), koji je biofortificiran s dvije razine selena (niža 0,2 mg Se/kg hrane i viša 0,4 mg Se/kg hrane). Tijekom vegetacije kukuruza na njivi obavljena je folijarna aplikacija u dva gnojidbena tretmana C = 10 g Se ha⁻¹ i D = 20 g Se ha⁻¹. Kod pokusnih smjesa iz premiksa je izuzet selen. Sirovinski sastav krmnih smjesa prikazan je u tablici 1. Nesilice su bile na početku nesivosti, a hranjene su posebno pripremljenim smjesama kroz 4 mjeseca. Neposredno prije hranidbe nesilica napravljena je analiza sadržaja selena u smjesama. Utvrđeno je da po kg smjese A ima 0,2115 mg Se/kg, smjesa C=0,2001 mg Se/kg hrane i smjesa D=0,4188 mg Se/kg hrane. Nakon 4 mjeseca hranidbe nesilica smjesama iz svake skupine izabrano je po 50 jaja za utvrđivanje kvalitete. Kvaliteta jaja određena je na ukupno 150 jaja. Parametri kvalitete jaja određeni su na svježim jajima i jajima skladištenim 28 dana na +4°C. Jaja za analizu kvalitete skupljena su tijekom 5 dana (svaki dan 9-12 komada po skupini) a analizirana su odmah naredni dan. Tako su svježija ali i skladištena jaja analizirana tijekom pet dana, ovisno kad su sakupljena.

Od pokazatelja kvalitete jaja izmjereni su masa jaja i osnovnih dijelova, širina i dužina jaja, boja žumanjka, visina bjelanjka, Hough jedinice (HJ), čvrstoća i debljina ljuske, pH bjelanjka i pH žumanjka. Indeks oblika izračunat je iz mjera širine i dužine jaja prema sljedećem obrascu: indeks oblika (%) = širina jajeta/dužina jajeta*100 (Panda, 1996.). Automatskim uređajem Eggshell Force Gauge Model-II izmjerena je čvrstoća ljuske jaja (kg/cm²). Debljina ljuske mjerena je pomoću elektronskog mikrometra s točnošću od 0,001 mm na sredini ljuske jaja. Masa jaja i osnovnih dijelova (bjelanjak, žumanjak i ljuska) utvrđena je pomoću vage PB 1502-S. Boja žumanjka, HJ i visina bjelanjka utvrđeni su automatskim uređajem Egg Multi-Tester EMT-5200. Vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka, izmjerene su pH metrom MP 120. Sadržaj selena utvrđen je na ukupno 30 jaja (A=10 jaja, C=10 jaja i D=10 jaja) i to posebno u bjelanjcima odnosno žumanjcima jaja. Sadržaj selena u jajima određen je koristeći uređaj Perkin Elmer Optima 2100 DV (Davidowski, 1993.). Rezultati istraživanja obrađeni su uz pomoć programa Statistica for Windows version 13.3. (StatSoft Inc., 2017.). U obradi rezultata korištena je analiza varijance (ANOVA i MANOVA), te ukoliko je P vrijednost bila statistički značajna razlike između skupina testirane su Fisherovim LSD testom.

Tablica 1. Sirovinski sastav krmnih smjesa korištenih u hranidbi nesilica

Table 1 Raw material composition of mixtures used in hens' feeding

| Sastojak (%) - Ingredient (%) | Smjesa*- Mixture |
|---|------------------|
| Kukuruz - Maize | 56,5 |
| Sojina sačma 46 – Soybean meal 46 | 17,5 |
| Suncokretova sačma 33 – Sunflower meal 33 | 7,5 |
| Stočni kvasac – Yeast | 2,5 |
| Ulje - Oil | 1,5 |
| Vapnenac - Limestone | 9,5 |
| ¹ Premix | 5,0 |
| Ukupno-Total | 100 |

*Kukuruz u pokusnim krmnim smjesama biofortificiran je folijarno cinkom ili selenom kako je opisano u tekstu iznad tablice, a premiks je korigiran također prema opisu u tekstu iznad tablice.

¹Premix: Vit.A (E 672) 240.000 i.j., Vit.D3 (E 671) 30.000 i.j., Vit.E (E 3a700, DL- α tokoferol acetat) 200 mg, Vit.K3 45 mg, Vit.B1 40 mg, Vit.B2 80 mg, Vit.B6 (3a831) 40 mg, Vit.B12 200 mcg, Vit.C (E 300) 300 mg, Niacin 600 mg, pantotenska kiselina 140 mg, folna kiselina 10 mg, biotin 1 mg, kolin klorid 10.000 mg, željezo (E 1, FeSO₄xH₂O) 725 mg, jod (E 2, KJ) 15 mg, bakar (E 4, CuSO₄x5H₂O) 80 mg, mangan (E 5, MnO) 1.500 mg, cink (E 6, ZnO) 1.000 mg, selen (E 8, Na₂SeO₃) 3 mg, antioksidant (BHA, E 320 i EQ, E 324 1.000 mg, Canthaxanthin, E 161g 80 mg, fitaza 5000 CT (6-fitaza, 4a16, EC-3.1.3.26) 5000 OTU, Probiotik 8000 mg.

*The maize in the experimental feed mixtures was foliarly biofortified with zinc or selenium as described in the text above the table, and the premix was also corrected according to the description in the text above the table.

¹Premix: Vit.A (E 672) 240.000 i.j., Vit.D3 (E 671) 30.000 i.j., Vit.E (E 3a700, DL- α tokoferol acetat) 200 mg, Vit.K3 45 mg, Vit.B1 40 mg, Vit.B2 80 mg, Vit.B6 (3a831) 40 mg, Vit.B12 200 mcg, Vit.C (E 300) 300 mg, Niacin 600 mg, pantotenska kiselina 140 mg, folna kiselina 10 mg, biotin 1 mg, kolin klorid 10.000 mg, željezo (E 1, FeSO₄xH₂O) 725 mg, jod (E 2, KJ) 15 mg, bakar (E 4, CuSO₄x5H₂O) 80 mg, mangan (E 5, MnO) 1.500 mg, cink (E 6, ZnO) 1.000 mg, selen (E 8, Na₂SeO₃) 3 mg, antioksidant (BHA, E 320 i EQ, E 324 1.000 mg, Canthaxanthin, E 161g 80 mg, fitaza 5000 CT (6-fitaza, 4a16, EC-3.1.3.26) 5000 OTU, Probiotik 8000 mg.

REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 2. prikazan je utjecaj korištenih hranidbenih tretmana na kvalitetu svježih jaja. Jaja skupina C i D imala su nešto veći indeks oblika (73,39% i 73,40%) u odnosu na skupinu A (72,79%). Masa svježih jaja skupine A bila je veća u odnosu na skupine C i D (51,64 g; 50,55 g i 50,46 g), dok je najveća masa bjelanjka utvrđena kod jaja skupine C, a jaja skupine A su imala veću masu ljuske. Sve opisane razlike između skupina nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$), ali je utvrđena statistički značajno veća masa žumanjka kod jaja skupine A (17,17 g) u odnosu na skupine C i D (16,03 g i 15,99 g). Kod vrijednosti debljine i čvrstoće ljuske uočeno je da nema statistički značajnih razlika između ispitivanih skupina, ali su bolje vrijednosti uočene kod skupine D u odnosu na skupinu A.

U tablici 3. prikazan je utjecaj korištenih hranidbenih tretmana na kvalitetu jaja skladištenih u hladnjaku 28 dana na temperaturi $+4^{\circ}\text{C}$. Rezultati pokazuju da nije bilo statistički značajnih razlika između ispitivanih skupina kod vrijednosti indeksa oblika, mase jaja, mase bjelanjka i žumanjka, debljine i čvrstoće ljuske ($P > 0,05$). Statistički značajno veću masu ljuske jaja imala je skupina A u odnosu na skupine C i D ($A=6,77\text{ g} : C=6,39\text{ g}$ i $D=6,40\text{ g}$; $P=0,027$). U rezultatima različitih znanstvenika navodi se da dodatak selena u krmne smjese za nesilice nema utjecaja na konzumaciju hrane, proizvodnju i masu jaja (Patton i sur., 2000.; Dvorska i sur., 2003.; Jiakui i Xialong, 2004.; Payne i sur., 2005.; Mohiti-Asli i sur., 2008.; Kralik i Grčević 2017.a), njihovi rezultati sukladni su našima. Međutim, Scheideler i sur. (2010.) navode da razina selena ima utjecaja na masu jaja ($P < 0,02$), što nije u skladu s našim rezultatima.

Tablica 2. Utjecaj hranidbenih tretmana A,C i D na kvalitetu svježih jaja

Table 2 Effect of feeding treatments A, C and D on fresh eggs quality

| Pokazatelji Indicators | Tretmani - Treatments | | | P vrijednost P value |
|---|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| | A | C | D | |
| Indeks oblika, % - Shape index, % | 72,79 | 73,39 | 73,40 | 0,643 |
| Masa jaja, g - Egg weight, g | 51,64 | 50,55 | 50,46 | 0,436 |
| Masa bjelanjka, g - Albumen weight, g | 27,92 | 28,03 | 27,65 | 0,895 |
| Masa žumanjka, g - Yolk weight, g | 17,17 ^a | 16,03 ^b | 15,99 ^b | <0,01 |
| Masa ljuske, g - Eggshell weight, g | 6,55 | 6,51 | 6,37 | 0,621 |
| Debljina ljuske, mm - Eggshell thickness, mm | 0,379 | 0,395 | 0,388 | 0,321 |
| Čvrstoća ljuske, kg/cm ² - Eggshell strength, kg/cm ² | 2,945 | 3,244 | 3,353 | 0,127 |

A=komercijalna krmna smjesa, C=kukuruz biofortificiran s 10 g Se ha⁻¹; D= kukuruz biofortificiran s 20 g Se ha⁻¹
Ekspozicije^{a,b} iznad brojeva u redovima označavaju statističku značajnost na razini $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$.
A=commercial feed mixture, C=maize biofortified with 10 g Se ha⁻¹; D=maize biofortified with 20 g Se ha⁻¹;
Exponents^{a,b} above the numbers in the rows indicate statistical significance at level $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$

Tablica 3. Utjecaj hranidbenih tretmana A,C i D na kvalitetu jaja skladištenih 28 dana na $+4^{\circ}\text{C}$

Table 3 Effect of feeding treatments A, C and D on quality of eggs stored for 28 days at $+4^{\circ}\text{C}$

| Pokazatelji Indicators | Tretmani - Treatments | | | P vrijednost P value |
|---|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | A | C | D | |
| Indeks oblika, % - Shape index, % | 73,48 | 73,06 | 72,84 | 0,576 |
| Masa jaja, g - Egg weight, g | 50,71 | 49,73 | 49,70 | 0,523 |
| Masa bjelanjka, g - Albumen weight, g | 26,79 | 26,93 | 26,41 | 0,757 |
| Masa žumanjka, g - Yolk weight, g | 17,13 | 16,34 | 16,89 | 0,076 |
| Masa ljuske, g - Shell weight, g | 6,77 ^a | 6,39 ^b | 6,40 ^b | 0,027 |
| Debljina ljuske, mm - Eggshell thickness, mm | 0,303 | 0,314 | 0,297 | 0,063 |
| Čvrstoća ljuske, kg/cm ² - Eggshell strength, kg/cm ² | 2,959 | 3,073 | 3,089 | 0,669 |

A=komercijalna krmna smjesa, C=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha⁻¹; D= kukuruz biofortificiran s 20 g Se ha⁻¹
Ekspozicije^{a,b} iznad brojeva u redovima označavaju statističku značajnost na razini $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$
A=commercial feed mixture, C=maize biofortified with 10 g Se ha⁻¹; D= maize biofortified with 20 g Se ha⁻¹;
Exponents^{a,b} above the numbers in the rows indicate statistical significance at level $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$

U tablici 4. prikazan je utjecaj korištenog hranidbenog tretmana i vremena skladištenja na unutarnju kvalitetu jaja. Iz rezultata se može uočiti da je tretman imao utjecaja na pH bjelanjka ($P=0,045$), tretman i vrijeme skladištenja utjecali su na HJ i visinu bjelanjka. Utjecaj vremena skladištenja i interakcija utvrđena je kod pH žumanjka, dok su na vrijednosti boje žumanjka utjecali i tretman i vrijeme skladištenja i njihova interakcija. Vrijednosti pH žumanjka povećavale su se s vremenom skladištenja jaja. Tako su kod svježih jaja utvrđene manje vrijednosti pH žumanjaka kod sve tri skupine ($A=6,08$; $C=6,02$ i $D=6,09$) u odnosu na jaja skladištena 28 dana u hladnjaku ($A=6,22$; $C=6,27$ i $D=6,26$). Vrijednosti pH bjelanjaka bile su manje kod jaja tretmana C i D u odnosu na tretman A, kako kod svježih tako i kod skladištenih jaja. HJ bile su veće kod skupina u koje je dodan biofortificirani kukuruz u odnosu na kon-

trolnu skupinu. U skupinama C i D vrijednosti HJ bile su bolje i kod skladištenih jaja. Također se može naglasiti da je trend smanjenja vrijednosti HJ tijekom skladištenja jaja bio manji kod C i D skupina u odnosu na skupinu A. Kod jaja skupine A tijekom 28 dana skladištenja HJ smanjile su se za 5,56 HJ odnosno 8,45%. Kod jaja skupine C HJ smanjile su se za 6,49 % odnosno 4,41 HJ, dok je smanjenje HJ kod jaja skupine D iznosilo svega 4,65% odnosno 3,24 HJ. S obzirom da vrijednosti HJ ovise i o vrijednostima visine bjelanjka one su se kretale sukladno HJ.

Visina bjelanjka bila je najveća kod D skupine, kako kod svježih tako i kod skladištenih jaja (4,95 mm i 4,35 mm). Sve navedeno pokazuje da je krmna smjesa s višom razinom selena imala utjecaja na kvalitetu jaja ove skupine. Selen je antioksidant te je oksidacija tvari u ovim jajima bila manje intenzivna u odnosu na skupine C i A. Boja

Tablica 4. Utjecaj hranidbenih tretmana i vremena skladištenja na kvalitetu jaja skupina A, C i D

Table 4 Effect of feeding treatments and storage time on egg quality of groups A, C and D

| Tretman | Vrijeme skladištenja Storage time | pH žumanjka pH yolk | pH bjelanjka pH albumen | HJ HU | Visina bjelanjak (mm) Albumen height | Boja žumanjka Yolk color |
|---|--------------------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|---|-----------------------------|
| A | 2 dana 2 days | 6,08 ^b | 8,98 ^{abc} | 65,76 ^{ab} | 4,54 ^a | 12,04 ^a |
| C | 2 dana 2 days | 6,02 ^c | 8,89 ^c | 67,94 ^{ab} | 4,36 ^{bc} | 11,00 ^c |
| D | 2 dana 2 days | 6,09 ^b | 8,92 ^{abc} | 69,56 ^a | 4,95 ^a | 11,44 ^{bc} |
| A | 28 dana 28 days | 6,22 ^a | 9,04 ^a | 60,20 ^c | 3,99 ^c | 11,96 ^{ab} |
| C | 28 dana 28 days | 6,27 ^a | 8,93 ^{bc} | 63,53 ^{bc} | 4,06 ^c | 11,76 ^{ab} |
| D | 28 dana 28 days | 6,26 ^a | 9,01 ^{ab} | 66,32 ^{ab} | 4,35 ^{bc} | 12,32 ^a |
| SEM | | 0,019 | 0,037 | 1,735 | 0,162 | 0,205 |
| Utjecaj / P vrijednost Influence / P value | | | | | | |
| Tretman Treatment | | 0,326 | 0,045 | 0,018 | 0,015 | 0,007 |
| Vrijeme skladištenja Storage time | | <0,001 | 0,0581 | 0,002 | <0,001 | 0,002 |
| Interakcija Interaction | | 0,019 | 0,782 | 0,800 | 0,631 | 0,042 |

A=komercijalna krmna smjesa, C=kukuruz biofortificiran s 10 g Se ha⁻¹; D= kukuruz biofortificiran s 20 g Se ha⁻¹ EkspONENTI ^{a,b,c} iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini $P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$

A=commercial feed mixture, C=maize biofortified with 10 g Se ha⁻¹; D=maize biofortified with 20 g Se ha⁻¹; Exponents a, b above the numbers in the rows indicate statistical significance at level $P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$.

žumanjka najintenzivnija je bila kod jaja D skupine skladištenih 28 dana u hladnjaku (12,32), a najmanja kod svježih jaja C skupine (11,00). Jaje je vrlo kvarljiva hrana, a kvaliteta se može značajno smanjiti za vrijeme skladištenja. Na kvalitetu jaja mogu utjecati uvjeti okoline, temperatura, vlažnost i vrijeme skladištenja. Unutarnja kvaliteta jaja obično se procjenjuje pomoću mjerenja visine bjelanjka ili HJ. Oba su parametra povezana s uvjetima skladištenja jaja u policama supermarketa. Iako je skladištenje jaja (način i vrijeme) u trgovinama propisano Pravilnikom o kakvoći konzumnih jaja (NN br. 115/06 i NN br. 76/08), potrebno je očekivati neke promjene kod unutarnjih pokazatelja kvalitete jaja. Promjene su prvenstveno vezane za gubitak vode i ugljičnog dioksida, što uzrokuje povećanje pH vrijednosti u jestivom djelu jajeta. Kvaliteta bjelanjka neizravno je povezana s količinom izgubljenog ugljičnog dioksida od trenutka nesenja jaja (Wakebe, 1998.). Difuzijom ugljičnog dioksida kroz poroznu ljusku jaja povećava se pH (Williams, 1992.; Brake i sur., 1997.; Silversides i Scott, 2001.), što rezultira disocijacijom dvaju proteina (lisozoma i ovomucina) u bjelanjku koji su odgovorni za njegovu viskoznost (Williams, 1992). Bjelanjak postaje vodenast, smanjuje se visina bjelanjka i HJ. Navedene činjenice

uočljive su i u rezultatima našeg istraživanja. Povećanje vrijednosti boje žumanjka nije neuobičajena pojava. Razlog tome je što zbog smanjenja vlage u jajetu dolazi do veće koncentracije pigmentata. Pretpostavka je da se prolaskom proteina iz bjelanjka u žumanjak utječe na intenzitet boje žumanjka Yadgary i sur. (2010.) i Sauveur (1993.). Pereira (2009.) navodi da se kod jaja skladištenih u hladnjaku može održati izvorna boja, slična boji koja je izmjerena kod svježeg žumanjka. U istraživanju o kvaliteti jaja Kralik i Grčević (2017.b) također navode intenzivniju boju žumanjka kod jaja nesilica koje su konzumirale krmnu smjesu s većom razinom selena, što je sukladno našim rezultatima. U tablici 5. prikazan je utjecaj hranidbenog tretmana na sadržaj selena u bjelanjcima odnosno žumanjcima jaja kao i njihova interakcija. Rezultati pokazuju da je sadržaj selena veći u žumanjcima jaja u odnosu na bjelanjke u svim pokusnim skupinama. Nadalje, uočljivo je da hranidbeni tretman utječe na sadržaj selena u jajima, točnije s povećanjem razine selena u hrani povećava se njegov sadržaj u jajima. Tako je skupina D imala statistički značajno veći sadržaj selena u žumanjcima i bjelanjcima jaja u odnosu na skupine C i A ($P < 0,001$). Sadržaj selena u skupinama A i C bio je prilično ujednačen, razlog tome je što su

Tablica 5. Utjecaj hranidbenog tretmana na sadržaj selena u bjelanjku i žumanjku jaja

Table 5 Effect of feeding treatment on selenium content in egg albumen and yolk

| Tretman Tretmans | Dio jajeta Egg part | Sadržaj Se mg/kg Se content mg/kg |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| A | Bjelanjak- Albumen | 0,0832 ^d |
| | Žumanjak-Yolk | 0,4741 ^b |
| C | Bjelanjak-Albumen | 0,1344 ^d |
| | Žumanjak-Yolk | 0,4696 ^b |
| D | Bjelanjak-Albumen | 0,2599 ^c |
| | Žumanjak-Yolk | 0,7157 ^a |
| SEM | 0,0185 | |
| Utjecaj/P vrijednost - Influence/P value | | |
| Tretman - Treatment | <0,001 | |
| Dio jajeta – Egg part | <0,001 | |
| Interakcija - Interaction | <0,007 | |

A=komercijalna krmna smjesa, C=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha⁻¹ ; D= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha⁻¹

EkspONENTI ^{a,b,c,d} Iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$

A=commercial feed mixture, C=maize is biofortified with 10 g Se ha⁻¹; D= maize is biofortified with 20 g Se ha⁻¹; Exponents a, b above the numbers in the rows indicate statistical significance at level $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$

nesilice skupine A konzumirale komercijalnu krmnu smjesu za nesilice koja prema preporukama treba sadržati 0,15 mg/kg selena (u krmnoj smjesi utvrđeno 0,2115 mg/kg), a kod C skupine biofortifikacijom kukuruza je postignuto 0,2001 mg/kg selena. Surai i Sparks (2001.) u radu koji govori o proizvodnji dizajniranih jaja, navode da je dodatak od 0,2 ppm i 0,4 ppm organskog selena u krmne smjese za nesilice rezultirao s četiri i osam puta većim sadržajem Se u bjelanjku, u usporedbi s jajima podrijetlom od kokoši hranjenih komercijalnom krmnom smjesom (bjelanjak: A = 50,7 ng/g B = 193,7 ng/g i C = 403,7 ng/g). Nadalje, isti autori navode da je i u žumanjku sadržaj selena bio povećan i to s 298,3 ng/g u kontrolnoj skupini na 605,3 ng/g u skupini B i 854,0 ng/g u skupini C. Kenyon i sur. (2003.) navode da se dodatkom 0,2 ppm organskog selena u krmne smjese za nesilice utječe na povećanje sadržaja selena u bjelanjcima i žumanjcima jaja.

Slična zapažanja ističu u svojim rezultatima istraživanja Yaroshenko i sur. (2003.), koji navode da je dodatak od 0,4 ppm organskog selena u krmnim smjesama nesilica utjecao na bolju svježinu jaja, kao i povećan sadržaj selena u jajima. Rezultati naših istraživanja također pokazuju trend povećanja sadržaja selena u bjelanjcima i žumanjcima jaja kokoši koje su konzumirale krmnu smjesu s većom razinom selena. Utjecaj razine selena u krmnoj smjesi na razinu selena u jestivom dijelu jajeta ističu Gajčević i sur. (2009.).

ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata istraživanja može se zaključiti da je korištenje biofortificiranog kukuruza mikroelementom selenom u hranidbi peradi pozitivno djelovalo na kvalitetu jaja. Kod skupina C i D u odnosu na skupinu A utvrđene su statistički značajno veće vrijednosti HJ, visine bjelanjka, boje žumanjka ($P < 0,05$) i povoljnije vrijednosti pH bjelanjaka i pH žumanjaka ($P < 0,05$). Također je kod navedenih tretmana utvrđen veći sadržaj selena u jestivom djelu jajeta ($P < 0,001$). Rezultati ovih istraživanja pokazuju mogućnost uporabe biofortificiranih žitarica u hranidbi peradi kao alternativnog izvora mikroelemenata koji se dodaju u krmne smjese putem premiksa.

NAPOMENA

Rezultati korišteni u radu dio su istraživanja na projektu „Obogaćivanje jaja kokoši hrvatice esencijalnim mikroelementima“ kojeg je financiralo Vijeće za istraživanje u poljoprivredi u razdoblju od 2015.-2017.

LITERATURA

1. Brake, J., Walsh T.J., Benton Jr. C.E., Petite J.N., Meijerhof R., Penalva G. (1997.): Egg handling and storage. *Poultry Science*, 76:144-151.
2. Davidowski, L. (1993.): Perkin Elmer ICP Application Study Number 67.
3. Dvorska, J.E., Yaroshenko, F.A., Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2003.): Selenium-enriched eggs: quality evaluation. Pp. 23-24. in Proc. 14th European Symp. Poultry Nutr. Lillehammer, Norway.
4. Gajčević, Z., Kralik G., Has-Schon E., Pavić, V. (2009.): Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2):189-199.
5. Jiakui, L., Xiaolong, W. (2004.): Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. *J. Trace Elem. Med. Bio.* 18, 65-68.
6. Kenyon, S., Spring, P., Tucker, L. (2003.): Egg selenium Concentrations in breeder hens fed diets with selenium derived from different sources. pp 1060-1063 in Proc. 16th Eur. Symp. on the Quality of Egg Poultry Meat and 10th Eur. Symp. on the Quality of Egg and Egg Products, Saint Brieu, France.
7. Kralik Z., M. Grčević (2017.b): Kvaliteta jaja kokoši hrvatice hranjenih smjesama s biofortificiranim kukuruзом. Zbornik radova Peradarski dani 2017. (urednica: Mirta Balenović, ISSN: 1848-3747), 10.-13. svibnja 2017. Šibenik, Hrvatska, str. 151-155.
8. Kralik, Z., Lončarić Z. (2017.): Obogaćivanje jaja kokoši hrvatice esencijalnim mikroelementima. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske, ISBN 978-953-7871-66-6; str. 1-37.
9. Kralik, Z., Grčević M. (2017.a): Poultry products enriched with selenium and their impact on health. *Macedonian Journal of Animal Science*, 7(1/2): 75-78.
10. Mohiti-Asli, M., Shariatmadari, F., Lotfollahian, H., Mazuji, M.T. (2008.): Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acids composition during storage. *Canadian J. Anim. Sci.* 88, 475-483.

11. Panda, P. C. (1996.): Shape and Texture. In Text book on Egg and Poultry Technology. First Edition, New Delhi, India.
12. Patton, N.D., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Ford, M.J. (2000.): Effect of dietary selenium source, level of inclusion and length of storage on internal quality and shell strength of eggs. *Poultry Science*, 79: 75-116.
13. Payne, R.L., Lavergne, T.K., Southern, L.L. (2005.): Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg Se concentration. *Poult. Sci.* 84, 232-237.
14. Pereira, A.L.F. (2009.): Efeito da nutrição vitamínica e mineral no desempenho e resposta imune de poedeiras comerciais. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
15. Pravilnik o kakvoći jaja (N.N br. 115/06 i N.N br. 76/08)
16. Sauveur B. (1993.): El huevo para consumo: bases productivas. Barcelona: Mundi-Prensa. str. 401.
17. Scheideler, S. E., Weber, P., Monsalve, D. (2010.): Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of α -tocopherol and selenium. *Appl. Poult. Res.*, 19:3 54-360.
18. Silversides, F.G., Scott, T.A. (2001.): Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80:1240-1245.
19. StatSoft, Inc. 2017. STATISTICA (data analysis software system), version 13.3. www.statsoft.com
20. Surai, P.F., Sparks N.H.C., (2001.): Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends Food Sci. Tech.*, 12:7-16.
21. Wakebe, M. (1998.): Organic selenium and egg freshness. Patent # 10-23864. Feed for meat chickens and feed for laying hens. Japanese Patent Office, Application Heisei 8-179629.
22. Williams, K.C. (1992.): Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*, 48:5-16.
23. Yadgary, L., Cahane, r A., Kedar, O., Uni, Z. (2010.): Yolk sac nutrient composition and fat uptake in late-term embryos in eggs from young and old broiler breeder hens. *Poultry Science*, 89(11): 2441-2452.
24. Yaroshenko, F.A., Dvorska, J.E., Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2003.): Selenium/ vitamin E enriched eggs: nutritional quality and stability during storage. CD-Rom Poster presented 19th Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lexington, KI, USA.

SUMMARY

The aim of this research was to determine the effect of using corn biofortified with different levels of selenium in mixtures for laying hens on egg quality and increase of selenium content in eggs. The trial period lasted 4 months. The experiment was carried out on 45 hens of Hrvatica breed (red strain), divided into three groups (A, C and D). Hens in group A represented the control group and consumed feed mixtures of commercial composition, while hens in groups C and D consumed feed mixtures in which maize was biofortified with selenium at two levels (lower and higher selenium levels; 0.2 mg/kg and 0.4 mg/kg feed mixtures). Analysis of results has shown that corn biofortified with a lower selenium level in mixtures for hens could replace the selenium that is added to the premix. The use of maize biofortified with higher selenium level in feed of Hrvatica breed hens significantly increases the selenium content in edible part of egg ($P < 0.001$) and positively affects egg quality indicators (HU, albumen height, yolk color, pH values of albumen and yolk; $P < 0.05$).

Key words: maize, biofortification, selenium, eggs quality