

# Povećanje sadržaja selena u jajima korištenjem biofortificiranog kukuruza u hrani kokoši

---

Ljuboja, Bojana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:704410>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU**

**Bojana Ljuboja**

Diplomski studij Zootehnika, smjer Specijalna zootehnika

**POVEĆANJE SADRŽAJA SELENA U JAJIMA KORIŠTENJEM  
BIOFORTIFICIRANOG KUKURUZA U HRANI KOKOŠI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2019.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

**Bojana Ljuboja**

Diplomski studij Zootehnika, smjer Specijalna zootehnika

**POVEĆANJE SADRŽAJA SELENA U JAJIMA KORIŠTENJEM  
BIOFORTIFICIRANOG KUKURUZA U HRANI KOKOŠI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Zoran Škrtić, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik, mentor
3. doc.dr.sc. Dalida Galović, član

**Osijek, 2019.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Važnost selena u hranidbi kokoši .....	3
2.2. Preporučene doze selena u hranidbi peradi i prehrani ljudi .....	4
2.3. Biofortifikacija kukuruza .....	5
2.4. Podrijetlo i pasminska svojstva kokoši hrvaticice .....	6
2.5. Pravilnici o držanju kokoši nesilica i kakvoći konzumnih jaja .....	7
2.5.1. Pravilnik o držanju kokoši nesilica .....	7
2.5.2. Pravilnik o kakvoći konzumnih jaja .....	10
3. MATERIJALI I METODE .....	13
4. REZULTATI .....	17
5. RASPRAVA .....	27
6. ZAKLJUČAK .....	30
7. LITERATURA .....	31
8. SAŽETAK .....	34
9. SUMMARY .....	35
10. POPIS TABLICA .....	36
11. POPIS SLIKA .....	37
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	38
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	39

## 1. UVOD

Selen (Se) je mikroelement kojeg je 1817. godine otkrio kemičar i liječnik J.J. Berzelius. Nakon otkrića Se krenula su mnoga istraživanja na temu važnosti anorganskog selena za sve žive organizme. Selen je nemetal, te je element u tragovima koji se u prirodi javlja kao kombinacija organskog (selenometionin i selenocistein) i anorganskog oblika (selenida, selenata i selenita). Da je selen mikroelement koji ima važnu ulogu u imunološkom sustavu kod ljudi i životinja, 1957. godine dokazali su Schwartz i Folz. Mnogim istraživanjima dokazano je da se selen ubraja u skupinu elemenata koji se u organizmu nalaze u tragovima, no isto tako da njihov nedostatak uzrokuje brojne bolesti (Kieliszek i sur., 2013.). Također, to je mikroelement koji je potreban organizmu za razvoj, razne metaboličke procese i funkcioniranje imunološkog sustava. On se pohranjuje u različitim organima u organizmu kao što su jetra, mišići, bubrezi, štitnjača te ženske i muške spolne žlijezde. Nedostatak selena veliki je problem današnjice, te je nažalost velika većina stanovništva pothranjena upravo ovim mikroelementom.

Selen je jedan od rijetkih elemenata koji ima najužu granicu između optimalnog i toksičnog unosa u organizam. Optimalna doza unosa selena kreće se oko 40 µg/dan, dok je doza preko 400 µg/dan toksična za organizam. Preporučena dnevna doza selena nije ista u svim zemljama upravo zbog toga što ni sam selen nije jednako raspoređen u tlu. Upravo zbog toga selen je u Republici Hrvatskoj detektiran kao regionalni nedostatak (Kralik i Lončarić, 2017.). U istočnoj Hrvatskoj rađena je analiza poljoprivrednih tala koja je pokazala kako je deficit selena bio u gotovo svim tlima.

Treba napomenuti kako selen nije esencijalan za biljke, te da ga one akumuliraju u vegetativnim i generativnim dijelovima s obzirom na raspoloživost samog selena u agrosustavu (Kralik i Lončarić, 2017.).

Životinje u prirodi primaju selen iz biljaka u obliku selenometionina (Combs i Combs, 1984.), i to kao što je već spomenuto samo u količinama koje ovise o koncentraciji selena u tlu, a ona može značajno varirati (Reilly, 1996). S ciljem povećanja ratarske proizvodnje, odnosno učestalim korištenjem umjetnih gnojiva, smanjena je biodostupnost selena u tlu. Upravo iz razloga što u tlima imamo deficit selena, te zbog korištenja umjetnih gnojiva, zastupljenost selena u namirnicama biljnog i životinjskog podrijetla je na izrazito niskoj razini (Popijač i Prpić-Majić, 2002).

Biofortifikacija je postupak kojim se povećava koncentracija bioraspoloživih esencijalnih elemenata u jestivim dijelovima usjeva. Porastom koncentracije mikroelemenata u biljkama kojima hranimo životinje, povećava se sadržaj mikroelemenata u animalnim namirnicama (mesu, mlijeku i jajima). Konzumacijom proizvoda s povećanim sadržajem mikroelementa (selena) nastoji se u ljudskoj prehrani zadovoljiti dnevna potreba za njim.

Cilj ovog rada bio je prikazati mogućnosti korištenja selenom biofortificiranog kukuruza u smjesama za kokoši nesilice u svrhu povećanja sadržaja selena u jajima, te utjecaj selena akumuliranog u jajetu na održavanje svježine i kvalitete jaja.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. *Važnost selena u hranidbi kokoši*

Zahvaljujući mnogim istraživanjima dokazano je da se selen ubraja u elemente koji se nalaze u organizmu samo u tragovima, no isto tako dokazano je da upravo nedostatak samog selena ima utjecaj na pojavu brojnih bolesti i nepravilan razvoj i funkciju organizma (Kieliszek i sur., 2013.). Selen u prirodi možemo naći u dva kemijska oblika, anorganskom i organskom. Anorganski oblik selena predstavljaju selenit, selenat i selenid dok je organski oblik selena u prirodi poznat kao selenometionin (SeMet) i selenocistein (SeCys). SeMet je aminokiselina koja se nalazi u raznim sjemenkama i žitaricama, a SeCys se većinom nalazi u hrani životinjskog podrijetla. Dakle, životinje iz hrane selen primaju u obliku SeMet što se i smatra najučinkovitijim prehrambenim oblikom selena (Pavošević, 2017.).

Nedostatak selena u prehrani danas je veliki problem te je gotovo polovica stanovništva pothranjena ovim mikroelementom koji je prije svega potreban za očuvanje zdravlja. Mikroelementi su potrebni u malim količinama za razvoj, razne metaboličke procese te pravilnu funkciju imunološkog sustava (Kralik i Lončarić, 2017.). Selen u tlu nije jednako raspoređen u svijetu. Mnoga područja deficitarna su selenom, tj. u zemljištu i biljkama na tim područjima koncentracija selena je niska (Gissel-Nielsen, 1977.). Na područjima čija su tla sa niskom koncentracijom selena uočen je i najveći nedostatak selena kod ljudi i životinja. Središnji i Centralni Sibir te Kina su primjeri kod kojih su upravo i uočeni najveći nedostaci selena kod ljudi i životinja (Mistry i sur., 2012.).

Selen je esencijalni mikroelement koji je potreban životinjama za rast i održavanje normalnih biokemijskih funkcija. Deficit selena u ptica uz paralelni nedostatak vitamina E dovodi do eksudativne dijateze i encefalomalacije. Također, utvrđeno je smanjenje oplođenosti, proizvodnje i valivosti jaja, te pad otpornosti, slabije operjavanje kod pilića i porast embrionalne smrtnosti (Gajčević i sur., 2008.).

Primjena organskog selena u hranidbi peradi ima znatan utjecaj na produktivnu i reproduktivnu sposobnost peradi. Organski selen iz hrane bolje se veže za aminokiseline u jajima i povoljno djeluje na razvoj embrija, te smanjuje stres prilikom valjenja (Surai, 2006.). Nakon valjenja pilići imaju slabo razvijen imunološki sustav koji se razvija iduća dva tjedna, te je to upravo najosjetljivije razdoblje za njih. Suplementacija organskim

selenom pokazala je kako selen pruža zaštitu i do četiri tjedna nakon valjenja (Pappas i sur., 2005.). Selen iz hrane ugrađuje se u organski matriks ljuske jajeta te upravo tako utječe na njenu produkciju i kvalitetu (Surai i sur., 2006.). Selen iz hrane apsorbira se u jaje te tamo utječe na aktivnost glutacion peroksidaze smanjujući oksidaciju lipida i proteina. Na taj način održava se svježina jaja za vrijeme njihova skladištenja. Još neke od prednosti selena u hranidbi su ubrzani razvoj organizma i smanjen mortalitet. Najveći razlog tomu su antioksidativna sposobnost selena, aktivacija tiroidnog hormona te jačanje imuniteta.

Smanjen unos selena dovodi do smanjenja ekspresije selenoproteina što će za rezultat imati degeneraciju pojedinih tkiva i organa. Upravo zbog smanjene ekspresije selenoproteina može doći i do poremećaja u biološkim procesima za koje su oni i potrebni (Pedrero i sur., 2009.). Simptomi kod ljudi i životinja koji najčešće pokazuju da se radi o nedostatku selena su problemi sa zglobovima i srcem.

## ***2.2. Preporučene doze selena u hranidbi peradi i prehrani ljudi***

Budući da sadržaj selena u krmivima za životinje nije konstantan a uzrok toga je često njegova vrlo niska koncentracija u tlima i biljkama, jedino rješenje za prevladavanje nedostatka selena u obrocima za perad bilo je uključiti ovaj mikroelement u smjese kao dodatak vitaminsko-mineralne komponente. Preporuke tvornicama stočne hrane su bile da gotova krmna smjesa sadrži od 0,1-0,3 mg Se po kg hrane (Surai, 2006.).

Kod ljudske populacije u različitim državama preporučena doza selena varira, odnosno ona je ovisna o samoj koncentraciji selena u tlu. Stanovnici Češke Republike konzumiraju najmanje selena, svega 20 µg/dan, dok stanovnici Venezuele konzumiraju najviše, odnosno 200-300 µg/dan (Wasowicz i sur., 2003.). Prema Europskoj agenciji za sigurnost hrane (EFSA) dnevni unos selena u europskim zemljama iznosi od 20-70 µg/dan (Alfthan i sur., 2015.). Dnevna doza koju preporuča WHO je 30-40 µg Se/dan s naglaskom na to da su doze koje su veće od 400 µg Se/dan potencijalno toksične. Ukoliko govorimo o spolu, dnevna doza unosa selena za žene je 45-55 µg/dan dok je za muškarce preporučeni unos od 40-70 µg/dan (Pérez-Corona i sur., 2011.). Ukoliko je u pitanju trudnoća ili laktacija, žene bi trebale unositi nešto više selena, odnosno 60-70 µg/dan (Slencu i sur., 2012.).



### **2.3. Biofortifikacija kukuruza**

Biofortifikacija je postupak kojim se povećava koncentracija bioraspoloživih esencijalnih elemenata u jestivim dijelovima usjeva. Postoje dva oblika biofortifikacije, a to su agrarna i genetska biofortifikacija (White i Broadley, 2009.). Genetska biofortifikacija je fokusirana na uzgoj hibrida ili sorti čiji merkantilni, odnosno jestivi dio sadrži povećanu koncentraciju supstanci koje su neophodne ljudskom tijelu kao što su mikroelementi (željezo, selen, cink i dr.), te razni vitamini, provitamini i dr. Ovaj način biofortifikacije je dugoročan proces te zahtjeva znatan trud i resurse, ali radi se o održivom i ekonomičnom pristupu koji je koristan u povećanju koncentracije mikronutrijenata. Agrarna biofortifikacija (agrofortifikacija) je brzo rješenje za nedostatak mikroelemenata u žitaricama (Cakmak, 2008.). Agrofortifikacija uzima u obzir svojstva agroekosustava te predstavlja složeno kratkoročno rješenje koje uključuje sinergiju izabranog genotipa i odgovarajuće primjene gnojiva koja sadrže mikro hranjiva s ciljem akumulacije većih koncentracija mikro hranjiva u jestivom dijelu biljaka (Kralik i Lončarić, 2017.). Agrofortifikacija kod usjeva kukuruza je vrlo učinkovita za selen dok je učinkovitost za cink umjereno učinkovita.

U istočnoj Hrvatskoj, točnije u Vukovarsko-srijemskoj i Osječko-baranjskoj županiji agrokemijskim analizama tla utvrđeno je da je raspoloživost cinka visoka u samo 7 % tala, srednja u 36 % tada, te niska u čak 57 % analiziranih tala. Osim koncentracije cinka, kemijskim analizama utvrđena je i koncentracija ukupnog selena koja je u gotovo svim poljoprivrednim tlima (341 od 342) bila ispod granice deficita (0,50 mg/kg) s prosjekom 0,24 mg/kg. Povećanje koncentracije cinka i selena u zrnu kukuruza trebalo bi se značajno povećati sa postupcima agrofortifikacije odnosno dodatkom cinka i selena u zrno kukuruza. Osim povećanja koncentracije spomenutih mikroelemenata trebale bi se i neutralizirati posljedice nedovoljne raspoloživosti cinka u tlima (Kralik i Lončarić, 2017). Način primjene, vrijeme i oblik imaju znatan utjecaj na učinkovitost aplikacije cinka na ratarskim površinama. Agrofortifikacija selenom je vrlo uspješna. Folijarno ili na tlo dodaju se vrlo male količine, svega 10-20 g/ha i to u obliku natrijevog-selenata. Ovisno o načinu aplikacije, svojstvu tla i količini aplikacije, koncentracije selena mogu se povećati i do više od 10-ak puta (Kralik i Lončarić, 2017.).

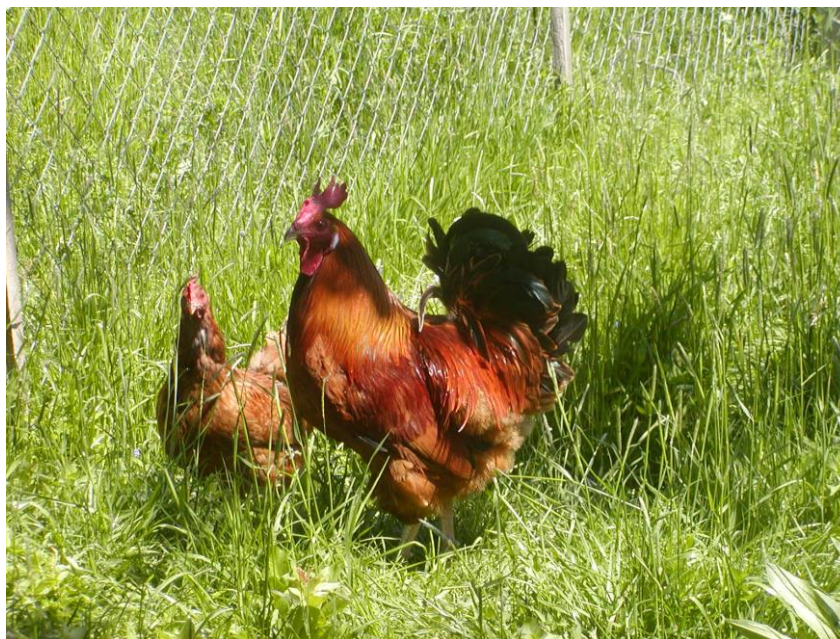
#### ***2.4. Podrijetlo i pasminska svojstva kokoši hrvatice***

Kokoš hrvatica je naša autohtona pasmina čiji je uzgoj započeo početkom 20. stoljeća na području uz tok rijeke Drave, a danas se uzgaja na svim područjima Hrvatske. Pasma je u narodu poznata i po nazivom „dudica“. Uzgoj kokoši hrvatice započeo je 1917. godine kada je Ivan Lakuš iz Torčeca križao domaću kokoš sa pijetlovima pasmine Leghorn. U daljnjem uzgoju izlučivale su se jedinke s bijelom bojom perja, a u uzgoju su se ostavljale jedinke s crvenom, smeđom, crnom, i jarebičastom bojom perja. Konačni izgled i oblik kokoš hrvatica je dobila križanjem s pasminom Wellsummer (Posavi i sur., 2002.).

Godine 1936. u Zagrebu na izložbi malih životinja kokoš pasmine hrvatica osvojila je treću nagradu, a godinu dana kasnije u Leipzigu osvaja prvu nagradu. Na natjecanju u Karadorđevu 1937. godine pobijedila je u nesenju jaja i tada dobiva naziv Hrvatica.

Kokoš hrvatica pripada kombiniranim pasminama. Radi se o pasmini srednje veličine tijela. Masa kokoši je 1,5-2,5 kg, dok je masa pijetlova 3-4 kg. Trbuh kokoši hrvatice je dobro razvijen, a prsa su zaobljena i duboka. Jednostavna uspravna kresta i snažne noge neke su od karakteristike ove pasmine. Hrvatica je otporna kokoš koja ima dobru kvalitetu mesa i relativno dobru nesivost. Godišnje nese 200-240 jaja koja su smeđe boje ljuske i mase 50-55 g. Crvenkastosmeđi tonovi boje perja prevladavaju u kokoši (Slika 1.), dok kod pijetlova prevladava vrat zlatnožute boje perja, leđa su im smeđe crvena, dok prsa, trbuh i rep imaju crnu boju perja (Kralik i sur., 2008.).

Crveni, crni, jarebičasto zlatni i crno zlatni soj uzgaja se u Republici Hrvatskoj. U 2018. godini prema podacima HPA broj umatičenih kokoši u Republici Hrvatskoj je 4419 kljunova i 459 komada pijetlova. Crveni soj bio na najzastupljeniji u 2018. godini (66,2 %), zatim jarebičasto zlatni (24,5 %) i crni (7,5 %), dok je najmanja zastupljenost crno zlatnog soja (1,7 %).



**Slika 1. Pasma hrvatica crveni soj**

*Izvor: Z. Janječić (2017.)*

## ***2.5. Pravilnici o držanju kokoši nesilica i kakvoći konzumnih jaja***

### ***2.5.1. Pravilnik o držanju kokoši nesilica***

Kokoš nesilica je kokoš vrste *Gallus gallus* koja je dosegla zrelost za nesenje i drži se za proizvodnju jaja koja nisu namijenjena valenju. Uredbom Europske Unije 1999/74/EC od 01.01.2012. godine u Republici Hrvatskoj zabranjena je uporaba klasičnih kaveza za proizvodnju konzumnih jaja i držanja kokoši nesilica. Na temelju članka 37. stavka 4. Zakona o zaštiti životinja (NN br. 135/06) ministar poljoprivrede donosi Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (NN br. 77/2010, 99/2010 i 51/2011.) kojim se definiraju uvjeti kojima mora udovoljiti određeni sustav držanja. Posjednici kokoši nesilica moraju primjenjivati odredbe Pravilnika o zaštiti životinja koje se uzgajaju u svrhu proizvodnje i udovoljavati zahtjevima Pravilnika kao i zahtjevima specifičnim za svaki sustav i to:

- odredbe koje se odnose na alternativne sustave, ili
- odredbe iz Pravilnika koje se odnose na sustave neobogaćenih kaveza, ili
- odredbe iz Pravilnika koje se odnose na sustave obogaćenih kaveza.

Kod alternativnog sustava uzgoja:

(1) Svi sustavi moraju biti opremljeni tako da se kokošima nesilicama osigura:

(a) najmanje 10 cm prostora za hranjenje po jednoj kokoši kod ravnih hranilica, ili najmanje 4 cm prostora za hranjenje po jednoj kokoši kod okruglih hranilica;

(b) najmanje 2,5 cm prostora za piće po jednoj kokoši kod ravnih pojilica, ili najmanje 1 cm prostora za piće po jednoj kokoši kod okruglih pojilica.

Kod napajanja kapljičnim pojilicama ili šalicama za napajanje mora biti najmanje jedna pojilica ili šalica za napajanje na 10 kokoši. Ako su mjesta za napajanje opskrbljena fiksno postavljenim pojilicama, tada se u dometu svake kokoši moraju nalaziti barem po dvije šalice za napajanje ili dvije kapljične pojilice;

(c) najmanje jedno gnijezdo na sedam kokoši. Ako se koriste zajednička gnijezda, mora biti osigurano najmanje 1 m<sup>2</sup> površine gnijezda za najviše 120 kokoši;

(d) najmanje 15 cm dužine odgovarajuće prečke (bez oštih rubova) po jednoj kokoši. Prečke ne smiju biti postavljene iznad stelje, a vodoravna udaljenost među pojedinim prečkama mora iznositi najmanje 30 cm dok između prečki i zida mora iznositi najmanje 20 cm;

(e) najmanje 250 cm<sup>2</sup> površine sa steljom po kokoši, pri čemu stelja mora pokrivati najmanje jednu trećinu podne površine.

(2) Podovi moraju biti oblikovani tako da na odgovarajući način podupiru svaki prema naprijed okrenuti prst svake noge.

(3) Pored uvjeta iz stavka 1. i 2. ovoga članka, primjenjuju se i sljedeće odredbe:

(a) kod sustava uzgoja pri kojem se kokoši nesilice mogu slobodno kretati među pojedinačnim etažama:

1. ne smije biti više od četiri etaže;

2. visina među pojedinim etažama mora biti najmanje 45 cm;

3. pojilice i hranilice moraju biti raspoređene tako da su jednako dostupne svim kokošima;

4. etaže moraju biti uređene tako da se spriječi padanje fecesa na donje etaže.

(b) Kod sustava uzgoja pri kojem kokoši nesilice imaju uređen ispust:

1. mora biti osigurano više otvora za neposredan izlazak u ispust, visokih najmanje 35 cm i širokih najmanje 40 cm te razmještenih po cijeloj dužini objekta. U svakom slučaju na skupinu od 1.000 kokoši zajednički otvor mora iznositi najmanje 2 m;

2. ispusti moraju imati:

– površinu primjerenu gustoći naseljenosti i prirodi terena da bi se spriječilo bilo kakvo zagađenje;

– sklonište od nepovoljnih vremenskih uvjeta i grabežljivaca, te ako je potrebno, odgovarajuće pojllice duž ispusta.

(4) Gustoća naseljenosti ne smije biti veća od devet kokoši nesilica po m<sup>2</sup> korisne površine.

(5) Iznimno od stavka 4. ovog članka, dopuštena je gustoća naseljenosti od 12 kokoši po m<sup>2</sup> raspoložive površine za one objekte u kojima se već primjenjuje ovaj sustav do dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika.

Sustavi uzgoja u neobogaćenim kavezima moraju ispunjavati najmanje sljedeće uvjete:

(a) za svaku kokoš na raspolaganju mora biti najmanje 550 cm<sup>2</sup> površine kaveza, mjereno u vodoravnoj ravnini, što se primjenjuje bez ograničenja, posebno ne uključujući žljebove za hranjenje koji smanjuju raspoloživu površinu;

(b) svaki kavez mora imati hranilicu dužine najmanje 10 cm po jednoj kokoši, koja se može koristiti bez ograničenja;

(c) ukoliko nisu na raspolaganju kapljične pojllice ili šalice za napajanje, svaki kavez mora imati pojllicu u obliku žlijeba za neprekidno napajanje vodom jednake duljine kao i žlijeb za hranjenje iz točke b. ovoga stavka. Ako su mjesta za napajanje opskrbljena fiksno postavljenim pojllicama, tada se u dometu svakog kaveza moraju nalaziti barem po dvije šalice za napajanje ili dvije kapljične pojllice;

(d) kavezi moraju biti visoki najmanje 40 cm na najmanje 65% površine kaveza i ne niži od 35 cm na bilo kojoj točki;

(e) podovi moraju biti oblikovani tako da na odgovarajući način podupiru svaki prema naprijed okrenuti prst na svakoj nozi. Nagib poda ne smije biti veći od 14% ili 8°. Ako podovi nisu napravljeni od pravokutne žičane mreže, nagib poda može biti veći;

(f) kavezi moraju biti opremljeni odgovarajućim materijalom za trošenje kandži.

Svi obogaćeni kavezi moraju ispunjavati najmanje sljedeće uvjete:

(1) kokoši nesilice moraju imati:

(a) najmanje 750 cm<sup>2</sup> površine kaveza po kokoši, od čega 600 cm<sup>2</sup> korisne površine. Visina kaveza, osim visine nad korisnom površinom, mora iznositi najmanje 20 cm na svakoj točki, a ukupna površina ni kod jednog kaveza ne smije biti manja od 2.000 cm<sup>2</sup>;

(b) gnijezdo;

(c) stelju koja omogućava kljucanje i čeprkanje;

(d) odgovarajuće prečke, dužine najmanje 15 cm po jednoj kokoši;

(2) imati hranilicu dužine najmanje 12 cm po jednoj kokoši, koja se može koristiti bez ograničenja;

(3) imati sustav za napajanje, dostatan broju kokoši. Ako se koriste kapljične pojilice ili šalice za napajanje najmanje dvije moraju biti dostupne svakoj kokoši;

(4) u svrhu lakše kontrole, naseljavanja ili vađenja kokoši, prolaz među pojedinim redovima kaveza mora biti širok najmanje 90 cm, a udaljenost od poda objekta do prvog reda kaveza mora iznositi najmanje 35 cm;

(5) biti opremljeni odgovarajućim materijalom za trošenje kandži.

### **2.5.2. Pravilnik o kakvoći konzumnih jaja**

U Republici Hrvatskoj jaja namijenjena konzumaciji u promet se stavljaju prema odredbama Pravilnika o kakvoći jaja (N.N. br. 115/2006 i N.N. br. 76/08.). Ovim se Pravilnikom uređuje kakvoća kokošnjih jaja koja se stavljaju na tržište, a odnosi se na nazive, definicije i opće uvjete kojima jaja moraju udovoljavati, prikupljanje jaja i pakirne centre, klasiranje jaja, označavanje i pakiranje jaja, označavanje trakama, ponovno klasiranje i pakiranje jaja, evidencije proizvodnje i pakiranja jaja, te kontrolu kakvoće jaja.

Prema navedenom pravilniku „jaja“ su kokošja jaja u ljusci dobivena od kokoši nesilica namijenjena prehrani ljudi ili upotrebi u prehrambenoj industriji. Proizvedena jaja na farmama nužno je pakirati, označiti, čuvati i transportirati na način kojim se osigurava očuvanje njihove kakvoće. Ovim Pravilnikom prema članku 9. jaja se klasiraju na jaja „A“ klase (svježa jaja) i jaja „B“ klase (jaja namijenjena industrijskoj preradi). Jaja „A“ klase se prilikom stavljanja u promet razvrstavaju u četiri razreda i označavaju sa: XL= vrlo velika jaja težine od 73 g i više; L=velika jaja težine od 63 g do 73 g; M=srednja jaja težine od 53 g do 63 g i S= mala jaja težina manja od 53 g.

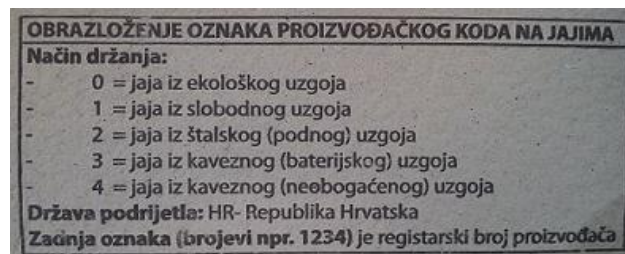
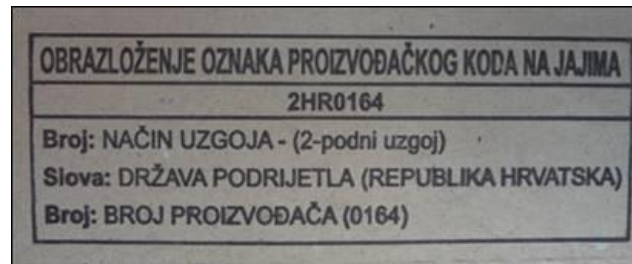
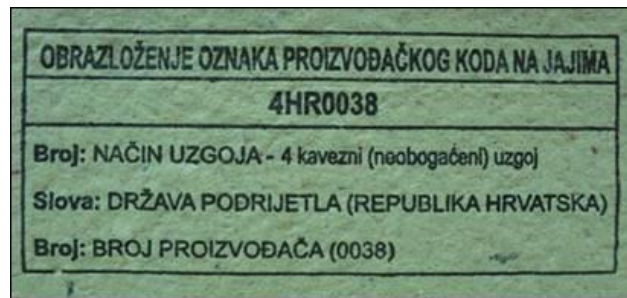
Ovisno o načinu držanja peradi pakiranje i jaja se označavaju riječima i brojevima na sljedeći način:

- 0 – jaja iz ekološkog uzgoja
- 1 – jaja iz slobodnog uzgoja
- 2 – jaja iz podnog uzgoja
- 3 – jaja iz kaveznog uzgoja



**Slika 2. Primjer označavanja jaja prema Pravilniku o kakvoći jaja u RH**

*Izvor: Z. Kralik (2019.)*



Slika 3. Oznake proizvođačkog koda (podrijetla) konzumnih jaja na ambalaži

Izvor: M. Grčević, (2015.)



### 3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu (OPG-u) vlasnika Marijana Lazara u Našičkom Novom Selu. U pokusu su korištene nesilice pasmine hrvatica. U pokusu je bilo 60 kokoši podijeljenih u tri skupine (20 po skupini). Skupine nesilica imale su osiguranu drvenu nastambu s gnijezdima te ograđen ispušt (slike 4., 5. i 6.).

Svakodnevno su dobivale oko 120 g po nesilice gotove krmne smjese. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je komercijalnu smjesu za kokoši nesilice, dok su pokusne skupine P1 i P2 konzumirale smjese pripremljene s kukuruzom koji je folijarno biofortificirana u dvije razine sa selenom (P1=10 g Se ha<sup>-1</sup> i P2= 20 g Se ha<sup>-1</sup>). Krmne smjese bile su izbalansirane na 18 % sirovih proteina i 11,40 MJ ME/kg hrane. Pokusno razdoblje trajalo je 4 mjeseca od početka ožujka do kraja lipnja 2017. U smjesama je korišten kukuruz hibrida Bergxxon (RWA, FAO grupa 400). Kod pokusnih smjesa iz premiksa su izuzeti selen. Sastav krmne smjesa korišten u pokusu prikazan je na tablici 1.

**Tablica 1. Sastav krmnih smjesa korištenih u hranidbi nesilica**

Sastojak (%)	Smjesa*
Kukuruz	56,5
Sojina sačma 46	17,5
Suncokretova sačma 33	7,5
Stočni kvasac	2,5
Ulje	1,5
Vapnenac	9,5
Kuškovit za nesilice 5%	5,0
Ukupno	100

\*Kukuruz u pokusnim smjesama biofortificiran je folijarno selenom kako je opisano u tekstu iznad tablice, a premiks je korigiran također prema opisu u tekstu iznad tablice. <sup>1</sup>Premix: Vit.A (E 672) 240.000 i.j., Vit.D3 (E 671) 30.000 i.j., Vit.E (E 3a700, DL- $\alpha$  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, FeSO<sub>4</sub>xH<sub>2</sub>O) 725 mg, jod (E 2, KJ) 15 mg, bakar (E 4, CuSO<sub>4</sub>x5H<sub>2</sub>O) 80 mg, mangan (E 5, MnO) 1.500 mg, cink (E 6, ZnO) 1.000 mg, selen (E 8, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 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.

Prilikom pripreme pokusa na OPG-u, nakon što su pripremljene krmne smjese, uzet je njihov uzorak te je napravljena analiza sadržaja selena. U smjesama je utvrđen sadržaj selena po kilogramu hrane kako slijedi: smjese K=0,1942 mg Se/kg hrane; P1=0,2488 mg Se/kg hrane i P2=0,2662 mg Se/kg hrane.



**Slika 4. Izgled nastambe za kokoši hrvaticice**

*Izvor: Z. Kralik (2017.)*



**Slika 5. Unutrašnjost nastambe s gnijezdima za nesenje jaja**

*Izvor: Z. Kralik (2017.)*



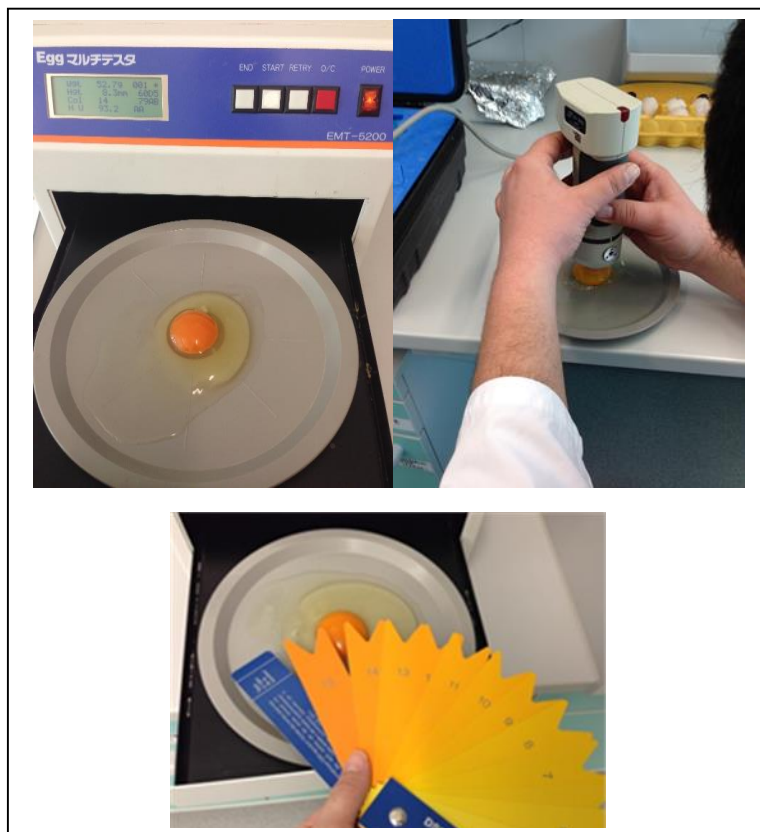
**Slika 6. Jato kokoši hrvatica crvenog soja na ispustu**  
*Izvor: Z. Kralik (2017.)*

Nakon 4 mjeseca hranidbe nesilica krmnim 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 (2 dana nakon sakupljanja jaja) i jajima skladištenim 28 dana na +4°C. Od pokazatelja kvalitete jaja izmjereni su masa jaja i osnovnih dijelova, širina i dužina jaja iz kojih je izračunat indeks oblika, boja žumanjka, visina bjelanjka, HJ, čvrstoća i debljina ljuske, pH bjelanjka i pH žumanjka.

Masa jaja i osnovnih dijelova (bjelanjak, žumanjak i ljuska) utvrđena je pomoću vage PB 1502-S. Automatskim uređajem Egg shell Force Gauge Model-II izmjerena je čvrstoća ljuske jaja. Debljina ljuske mjerena je pomoću elektronskog mikrometra s točnošću od 0,001 mm na sredini ljuske jaja. Indeks oblika izračunat je iz mjera širine i dužine jaja prema slijedećem obrascu: indeks oblika (%) = širina jajeta/dužina jajeta\*100 (Panda, 1996.).

Sadržaj selena u jestivom djelu jaja (bjelanjku i žumanjku) utvrđen je utvrđen na ukupno 30 jaja (K=10 jaja, P1=10 jaja i P2=10 jaja).

Boja žumanjka, HJ i visina bjelanjka utvrđeni su automatskim uređajem Egg Multi-Tester EMT-5200 (slika 7). Vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka, izmjerene su pH metrom MP 120. Sadržaj mikroelemenata selena u jajima određen je koristeći uređaj Perkin Elmer Optima 2100 DV (Davidowski, 1993.)



**Slika 7. Određivanje unutarnje kvalitete jaja**

*Izvor: Z. Kralik (2017.)*

Rezultati istraživanja obrađeni su u programu Statistica for Windows version 13.4.0.14. (StatSoft Inc., 2018.). Napravljena je deskriptivna statistika, te analiza varijance (ANOVA). Ukoliko je P vrijednost kod obrade analize varijance bila statistički značajna razlike između skupina testirane su Fisherovim LSD testom.

#### 4. REZULTATI

Na tablici 2. prikazani su rezultati analize utjecaja hranidbenog tretmana, razreda jaja prema masi i interakcije na masu jaja i osnovnih dijelova u jajetu. Utvrđeno je da razred jaja statistički značajno utječe na masu jaja i masu svih osnovnih dijelova u jajetu ( $P < 0,01$ ), dok hranidbeni tretman ima utjecaja na masu jaja ( $P < 0,001$ ) i masu bjelanjka ( $P = 0,003$ ). Statistički značajno veću masu imala su jaja kontrolne skupine nesilica, a u prosjeku je iznosila 53,10 g, zatim slijedi skupina P2 gdje je masa jaja u prosjeku iznosila 50,81 g, dok su nesilice P1 skupine imala najsitnija jaja (48,71 g). Od ukupno uzorkovanih svježih jaja za analizu 54 jaja su pripadala S razredu, dok je 21 komad prema masi pripadao razredu M ( $P < 0,001$ ). Interakcija hranidbenog tretmana i razreda nije utvrđena kod vrijednosti mase jaja, iako je vidljivo da su jaja kontrolne skupine u oba razreda u prosjeku krupnija (KS=50,38g i KM=58,07g u odnosu na P1S=47,81g; P1M=55,30g; P2S=48,69 g i P2M=54,57 g).

**Tablica 2. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na masu svježih jaja i njegovih osnovnih dijelova (g)**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Masa jaja	Masa bjelanjka	Masa žumanjka	Masa ljuske
Hranidbeni tretman	K	25	53,10 <sup>a</sup>	29,14 <sup>a</sup>	16,83	7,17
	P1	25	48,71 <sup>c</sup>	26,49 <sup>b</sup>	15,91	6,29
	P2	25	50,81 <sup>b</sup>	27,23 <sup>b</sup>	16,72	6,85
Razred	S	54	48,83 <sup>b</sup>	26,40 <sup>b</sup>	15,92 <sup>b</sup>	6,45 <sup>b</sup>
	M	21	56,18 <sup>a</sup>	30,83 <sup>a</sup>	17,96 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>
Interakcija	KS	16	50,38	27,41	16,02	6,96
	KM	9	58,07	32,23	18,29	7,54
	P1S	22	47,81	25,99	15,61	6,20
	P1M	3	55,30	30,17	18,15	6,97
	P2S	16	48,69	25,87	16,24	6,57
	P2M	9	54,57	29,26	17,57	7,35
<b>P vrijednost</b>						
Hranidbeni tretman			<b>&lt;0,001</b>	<b>0,003</b>	0,765	0,075
Razred			<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>
Interakcija			0,462	0,687	0,337	0,906

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

EkspONENTI <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P < 0,05$

Statistički značajno veću masu bjelanjka imala su jaja kontrolne skupine nesilica 29,14g u odnosu na jaja pokusnih skupina P1=26,49g i P2=27,23g. Razred jaja je kao i kod mase jaja značajno utjecao na masu bjelanjka, odnosno jaja veće mase imala su i veću masu bjelanjka (S=26,40g i M=30,83 g). Interakcija nije utjecala na masu bjelanjka (P=0,678). Statistički značajno veću masu žumanjaka imala su jaja M razreda (17,96 g) u odnosu na razred S (15,92 g). Mase žumanjaka K i P2 skupina bile su ujednačene (16,83g i 16,72g), dok je skupina P1 imala nešto manju masu žumanjka (15,91g), no razlika nije bila statistički značajna (P=0,075). Promatrajući rezultate mase žumanjka pokusnih skupina u ovisnosti o razredu (S) može se primijetiti da K i skupina P2 imaju slične rezultate (KS=16,02g i P2S=16,24g), dok je masa žumanjka P1 skupine manja (P1S=15,61g; P=0,337). Masa ljuske statistički se značajno razlikovala između razreda S=6,45g odnosno M=7,38g (P=0,002). Hranidbeni tretman i interakcija na vrijednosti mase ljuske nisu imali utjecaja (P>0,05).

**Tablica 3. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na indeks oblika i kvalitetu ljuske svježih jaja**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Indeks oblika (%)	Čvrstoća ljuske (kg/cm <sup>2</sup> )	Debljina ljuske (mm)
Hranidbeni tretman	K	25	74,13	3,304	0,388
	P1	25	74,67	3,241	0,363
	P2	25	73,55	3,303	0,382
Razred	S	54	73,99	3,284	0,372
	M	21	74,44	3,385	0,392
Interakcija	KS	16	73,97	3,198	0,381
	KM	9	74,38	3,492	0,401
	P1S	22	74,45	3,294	0,361
	P1M	3	76,24	2,848	0,379
	P2S	16	73,36	3,357	0,378
	P2M	9	73,89	3,456	0,388
P vrijednost					
Hranidbeni tretman			0,308	0,462	0,402
Razred			0,288	0,933	0,175
Interakcija			0,810	0,401	0,913

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Ekspozicije <sup>a</sup><sub>b</sub> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini P<0,05

U tablici 3. prikazani su rezultati analize utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na indeks oblika i kvalitetu ljuske svježih jaja. Iz dobivenih rezultata možemo vidjeti da je indeks oblika, čvrstoća ljuske i debljina ljuske kod sve tri skupne bila podjednaka te da hranidbeni tretman, kao ni razred jaja i interakcija nisu imali statistički

značajan utjecaj na spomenute pokazatelje ( $P>0,05$ ). Indeks oblika u svim ispitivanim skupine bio je ujednačen ( $KS=73,97\%$ ;  $P1S=74,45\%$  i  $P2S=73,36\%$  odnosno  $KM=74,38\%$ ;  $P1M=76,24$  i  $P2M=73,89\%$ ). Vrijednosti čvrstoće i debljine ljuske bile su povoljnije kod skupina P2 skupine ( $3,303 \text{ kg/cm}^2$  i  $0,382 \text{ mm}$ ) i K ( $3,304 \text{ kg/cm}^2$  i  $0,388 \text{ mm}$ ) u odnosu na P1 skupinu ( $3,241 \text{ kg/cm}^2$  i  $0,363 \text{ mm}$ ).

**Tablica 4. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na unutarnju kvalitetu svježih jaja**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Visina bjelanjka (mm)	Boja žumanjka	HJ	pH bjelanjka	pH žumanjka
Hranidbeni tretman	K	25	5,18	10,48	72,94	8,87	6,12
	P1	25	4,94	10,44	73,88	8,91	6,09
	P2	25	4,94	11,00	71,98	8,92	6,12
Razred	S	54	5,02	10,62	73,80	8,90	6,11
	M	21	5,01	10,66	70,71	8,80	6,10
Interakcija	KS	16	5,13	10,31 <sup>b</sup>	73,91	8,99	6,13
	KM	9	5,25	10,77 <sup>ab</sup>	71,23	8,85	6,10
	P1S	22	4,98	10,36 <sup>b</sup>	74,25	8,90	6,09
	P1M	3	4,63	11,00 <sup>ab</sup>	71,20	8,96	6,10
	P2S	16	4,95	11,31 <sup>a</sup>	73,08	8,91	6,12
	P2M	9	4,91	10,44 <sup>b</sup>	70,02	8,92	6,11
P vrijednost							
Hranidbeni tretman			0,272	0,467	0,821	0,071	0,585
Razred			0,647	0,765	0,107	0,714	0,303
Interakcija			0,676	<b>0,023</b>	0,993	0,261	0,584

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa  $10 \text{ g Se ha}^{-1}$ ; P2= kukuruz biofortificiran sa  $20 \text{ g Se ha}^{-1}$

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

EkspONENTI <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P<0,05$

Na tablica 4. prikazan je utjecaj hranidbenih tretmana, razreda jaja i interakcija na unutarnju kvalitetu svježih jaja. Pokazatelji kojima mjerimo unutarnju kvalitetu jaja su visina bjelanjka (mm), boja žumanjka, HJ, pH bjelanjka i žumanjka. Na vrijednosti visine bjelanjka interakcija, razred i hranidbeni tretman nisu imali statistički značajan utjecaj ( $P<0,05$ ). Analizom podataka utvrđeno je da hranidbeni tretman ( $P=0,467$ ) i razred jaja ( $0,765$ ) također nisu imali statistički značajan utjecaj na intenzitet boje žumanjka ispitivanih skupina jaja. Na boju žumanjka jaja utjecaj je imala interakcija hranidbenog tretmana i razreda jaja ( $P=0,023$ ). Tako su jaja razreda M kontrolne i P1 skupine imale intenzivniju boju u odnosu na žumanjke P2 skupine, dok je kod S razreda jaja intenzivnija boja žumanjka utvrđena kod skupine nesilica hranjenih kukuruzom s većom razinom selena u hrani (P2) u odnosu na skupine P1 i K..

Boja žumanjka kod P2 skupine, razred S, imala je najveću boju žumanjka koja je u prosjeku iznosila 11,31 dok je skupina K, razred S, imala u prosjeku najmanju boju žumanjka, odnosno 10,31. Razred jaja, hranidbeni tretman i njihova interakcija nisu imali statistički značajan utjecaj na vrijednosti pH bjelanjka i pH žumanjka svježih jaja ( $P>0,05$ ). Vrijednosti pH bjelanjaka kretale su se od 8,85 (skupina KM) do 8,99 (skupina KS), a pH žumanjaka od 6,09 (P1S) do 6,13 (skupina KS).

**Tablica 5. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na udjele osnovnih dijelova svježih jaja (%)**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Udio ljuske	Udio žumanjka	Udio bjelanjka
Hranidbeni tretman	K	25	13,52	31,67	54,79
	P1	25	12,94	32,74	54,31
	P2	25	13,49	32,92	53,57
Razred	S	54	13,38	32,63	53,98
	M	21	13,15	31,98	54,86
Interakcija	KS	16	13,81	31,81	54,38
	KM	9	13,02	31,45	55,52
	P1S	22	12,99	32,71	54,29
	P1M	3	12,62	32,93	54,44
	P2S	16	13,52	33,33	53,14
	P2M	9	13,45	32,18	54,35
P vrijednost					
Hranidbeni tretman			0,431	0,149	0,305
Razred			0,331	0,486	0,271
Interakcija			0,701	0,661	0,848

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Eksponenti <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P<0,05$

Udjeli osnovnih dijelova jaja (udjeli ljuske, žumanjka i bjelanjka) prikazani su u tablici 5. Nakon analize podataka utvrđeno je da hranidbeni tretman, razred jaja i njihova interakcija nisu imali statistički značajnog utjecaj na udjele odnosnih dijelova u jajetu ( $P>0,05$ ).

Udio bjelanjka kod jaja S razreda (53,98%) bio je manji u odnosu na jaja M razreda (54,86%), a posljedično tome udio žumanjka bio je veći kod jaja S (35,63%) u odnosu na jaja M (31,98%) razreda. Nadalje, iz rezultata je vidljivo da su vrijednosti udjela bjelanjka, nešto veće u kontrolnoj skupini u oba razreda, nego u druge dvije skupine (KS=54,38%; KM=55,52% u odnosu na P1S=54,29% i P1M=54,44% te P2S=53,14% i P2M=54,35%). Udio žumanjka bio je najmanji u KM skupini jaja (31,45%) a najveći u skupini P2S (33,33%). Udio ljuske bio je veći kod jaja S razreda u odnosu na razred M



(13,38% odnosno 13,15%). Promatrajući vrijednosti udjela ljuske kod jaja S razreda između pokusnih skupina vidljivo je da udio ljuske je ujednačen kod kontrolne i P2 skupine (13,81% i 13,52%) dok je kod p1 udio ljuske nešto manji (12,99%). Kod jaja M razreda također je udio veći kod K i P2 skupina u odnosu na skupinu P1 (13,02% i 13,45% > 12,62%).

**Tablica 6. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na masu skladištenih jaja i njegovih osnovnih dijelova (g)**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Masa jaja	Masa bjelanjka	Masa žumanjka	Masa ljuske
Hranidbeni tretman	K	25	49,94	26,64	17,01 <sup>a</sup>	6,29
	P1	25	48,51	26,30	16,08 <sup>b</sup>	6,13
	P2	25	50,40	27,42	16,38 <sup>b</sup>	6,58
Razred	S	58	47,98 <sup>b</sup>	25,46 <sup>b</sup>	16,38 <sup>b</sup>	6,14 <sup>b</sup>
	M	17	55,18 <sup>a</sup>	31,31 <sup>a</sup>	16,86 <sup>a</sup>	6,99 <sup>a</sup>
Interakcija	KS	20	48,46	25,62	16,67 <sup>b</sup>	6,16
	KM	5	55,86	30,73	18,35 <sup>a</sup>	6,07
	P1S	22	47,59	25,58	15,94 <sup>d</sup>	6,06
	P1M	3	55,30	31,54	17,12 <sup>ab</sup>	6,62
	P2S	16	74,94	25,09	16,62 <sup>bc</sup>	6,22
	P2M	9	54,76	31,56	15,95 <sup>cd</sup>	7,24
Hranidbeni tretman			0,484	0,892	<b>&lt;0,001</b>	0,273
Razred			<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,007</b>	<b>&lt;0,001</b>
Interakcija			0,833	0,604	<b>&lt;0,001</b>	0,554

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Eksponenti <sup>a,b,c,d</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini P<0,05

Rezultati utjecaja hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na masu skladištenih jaja i njegovih osnovnih dijelova (mase jaja, bjelanjaka, žumanjaka i ljuske) prikazani su u tablici 6. Statistički značajno (P<0,001) veću masu žumanjka imala je kontrolna skupina nesilica (17,01 g), dok su druge dvije skupine imale nešto manje mase žumanjka (P1=16,08 g i P2=16,38 g). Hranidbeni tretman nije imao statistički značajan utjecaj na masu jaja, bjelanjaka i ljuske (P>0,05), dok je razred jaja utjecao na masu jaja i masu njegovih osnovnih dijelova (P<0,001). Masa jaja je bila veća kod razreda M, a u prosjeku je iznosila 55,18 g, dok je masa jaja razreda S prosječno iznosila 47,98 g. Također, razlike u masi je bilo i kod bjelanjaka, gdje je prosječna masa za razred M iznosila 31,31 g, a za razred S 24,46 g. Kao i kod masa jaja i bjelanjaka, masa žumanjaka razreda M bila je veća u odnosu na razred S ( 16,86g odnosno 16,38 g). Iz dobivenih rezultata možemo vidjeti da je masa ljuske razreda M prosječno iznosila 6,99 g, odnosno razred

S imao je prosječnu težinu ljuske 6,14 g. Interakcija je imala značajan utjecaj jedino na masu žumanjka ( $P < 0,001$ ). Iz tablice je vidljivo kako je najveću masu žumanjka imala kontrolna skupina razreda M (18,35 g) dok je masa žumanjka kod iste skupine nesilica, ali razreda S u prosjeku iznosila 16,67 g. Prosječna masa kod P1 skupine za razred S prosječno je iznosila 15,94 g, a za razred M 17,12 g. Prosječne mase žumanjka kod skupine nesilica P2 za razred S iznosila je 16,62 g, odnosno za razred M u prosjeku 15,95 g.

**Tablica 7. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na indeks oblika i kvalitetu ljuske skladištenih jaja**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Indeks oblika (%)	Čvrstoća ljuske ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Debljina ljuske (mm)
Hranidbeni tretman	K	25	73,45 <sup>b</sup>	3,013	0,384
	P1	25	76,37 <sup>a</sup>	3,071	0,378
	P2	25	73,98 <sup>b</sup>	3,148	0,395
Razred	S	58	74,60	3,013 <sup>b</sup>	0,379 <sup>b</sup>
	M	17	74,30	3,298 <sup>a</sup>	0,408 <sup>a</sup>
Interakcija	KS	20	73,49	2,975	0,382
	KM	5	73,27	3,165	0,395
	P1S	22	76,10	2,969	0,371
	P1M	3	78,35	3,812	0,428
	P2S	16	74,13	3,120	0,388
	P2M	9	73,70	3,200	0,408
P vrijednost					
Hranidbeni tretman			<b>&lt;0,001</b>	0,347	0,632
Razred			0,464	<b>0,027</b>	<b>0,005</b>
Interakcija			0,301	0,181	0,261

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Eksponenti <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P < 0,05$

U tablici 7. prikazani su rezultati za utjecaj hranidbenih tretmana, razreda jaja i njihova interakcija na indeks oblika i kvalitetu ljuske skladištenih jaja. Analizom podataka utvrdili smo da je hranidbeni tretman imao utjecaj na indeks oblika jaja ( $P < 0,001$ ). Skupina nesilica P1 imala je najveći indeks oblika, odnosno u prosjeku 76,37 %, zatim P2 skupina čija je prosječna vrijednost iznosila 73,98 % dok je najmanji indeks oblika imala kontrolna skupina sa 73,45 %. Razred jaja i interakcija hranidbenog tretmana i razreda nisu utjecali na razlike dobivene u vrijednostima indeksa oblika između ispitivanih skupina jaja. Hranidbeni tretman nije imao utjecaj na čvrstoću ( $P = 0,347$ ) i debljinu ljuske jaja ( $P = 0,632$ ). Razred jaja statistički je značajno utjecao na vrijednosti

čvrstoće ljuske ( $P=0,027$ ). Jaja razreda M imala su čvršću ljusku jajeta od jaja S razreda, a čvrstoća ljuske je u prosjeku iznosila  $3,298 \text{ kg/cm}^2$  odnosno  $3,013 \text{ kg/cm}^2$ . Osim kod čvrstoće ljuske, razred jaja je imao značajan utjecaj i na debljinu ljuske ( $P=0,005$ ). Kao kod čvrstoće i debljina ljuske je bila veća kod jaja M razreda ( $0,408 \text{ mm}$ ) nego kod razreda S ( $0,379 \text{ mm}$ ). Rezultati istraživanja su pokazali na interakcija nema značajan utjecaj na dobivene razlike u vrijednostima čvrstoće i debljine ljuske između ispitivanih skupina ( $P>0,05$ ).

**Tablica 8. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na unutarnju kvalitetu skladištenih jaja**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Visina bjelanjka (mm)	Boja žumanjka	HJ	pH bjelanjka	pH žumanjka
Hranidbeni tretman	K	25	4,51 <sup>a</sup>	11,92 <sup>b</sup>	67,96	8,82	6,16
	P1	25	4,33 <sup>b</sup>	11,56 <sup>b</sup>	66,23	8,86	6,16
	P2	25	4,15 <sup>c</sup>	12,60 <sup>a</sup>	62,38	8,83	6,14
Razred	S	58	4,29 <sup>b</sup>	12,00	65,88	8,88	6,16
	M	17	4,51 <sup>a</sup>	12,11	64,31	8,85	6,15
Interakcija	KS	20	4,61 <sup>b</sup>	10,05	69,31	8,82	6,17
	KM	5	4,14 <sup>bc</sup>	11,40	62,54	8,89	6,14
	P1S	22	4,12 <sup>c</sup>	11,50	65,21	8,86	6,16
	P1M	3	5,83 <sup>a</sup>	12,00	73,70	8,87	6,20
	P2S	16	4,13 <sup>bc</sup>	12,62	62,51	8,82	6,14
	P2M	9	4,27 <sup>bc</sup>	12,55	62,16	8,85	6,14
P vrijednost							
Hranidbeni tretman			<b>0,024</b>	<b>0,013</b>	0,068	0,455	0,136
Razred			<b>0,042</b>	0,805	0,854	0,363	0,798
Interakcija			<b>&lt;0,001</b>	0,339	0,075	0,931	0,204

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa  $10 \text{ g Se ha}^{-1}$ ; P2= kukuruz biofortificiran sa  $20 \text{ g Se ha}^{-1}$

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Eksponenti <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P<0,05$

Tablica 8. prikazuje rezultate istraživanja za utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na unutarnju kvalitetu skladištenih jaja, odnosno rezultate za visinu bjelanjka, boju žumanjka, HJ, pH bjelanjka i pH žumanjka. Kod istih ispitivanja, ali kod svježih jaja, hranidbeni, razred i interakcija nisu imali utjecaj na visinu bjelanjka. Za razliku od svježih jaja, kod skladištenih jaja razred, interakcija i hranidbeni tretman imali su statistički značajan utjecaj ( $P<0,05$ ) na vrijednosti visine bjelanjka. Iz rezultata koji su prikazani u tablici vidimo da je prosječna vrijednost visine bjelanjka, kada je u pitanju hranidbeni tretman, bila najveća kod kontrolne skupine nesilica i to  $4,51 \text{ mm}$ , zatim slijedi P1 skupina sa prosječnom vrijednosti u iznosu od  $4,33 \text{ mm}$ , dok je P2 skupina

nesilica imala najmanju prosječnu vrijednost za visinu bjelanjka 4,15 mm. Također, iz tablice je vidljivo da su jaja razreda M imala veću prosječnu vrijednost za visinu bjelanjka u odnosu na razred S. Drugim riječima, razred je imao značajan utjecaj na visinu bjelanjka ( $P=0,042$ ). Osim hranidbenog tretmana i razreda jaja na razlike u visini bjelanjka uočene između ispitivanih skupina utjecaj je imala i interakcija ( $P<0,001$ ). Najveću prosječnu vrijednost za visinu bjelanjka imala je skupina nesilica P1, razred M (5,83 mm), dok su jaja nesilica iz iste skupine, ali razreda S imala najmanju prosječnu vrijednost za visinu bjelanjka (4,12 mm).

**Tablica 9. Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na udjele osnovnih dijelova skladištenih jaja (%)**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Udio ljuske	Udio žumanjka	Udio bjelanjka
Hranidbeni tretman	K	25	12,60	34,14 <sup>a</sup>	53,25
	P1	25	12,65	33,25 <sup>ab</sup>	54,08
	P2	25	13,07	32,70 <sup>b</sup>	54,22
Razred	S	58	12,79	34,18 <sup>a</sup>	53,01 <sup>b</sup>
	M	17	12,71	30,59 <sup>b</sup>	56,70 <sup>a</sup>
Interakcija	KS	20	12,71	34,46 <sup>a</sup>	52,82
	KM	5	12,15	32,88 <sup>ab</sup>	54,95
	P1S	22	12,74	33,55 <sup>ab</sup>	53,70
	P1M	3	12,01	31,06 <sup>bc</sup>	56,92
	P2S	16	12,97	34,69 <sup>a</sup>	52,32
	P2M	9	13,24	29,15 <sup>c</sup>	57,59
P vrijednost					
Hranidbeni tretman			0,202	0,031	0,263
Razred			0,399	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Interakcija			0,508	<b>0,008</b>	0,132

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran sa 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran sa 20 g Se ha<sup>-1</sup>

R= razred jaja prema masi (S<53 g i M od 53 do 63 g)

Eksponenti <sup>a,b</sup> iznad brojeva u stupcima označavaju statističku značajnost na razini  $P<0,05$

Hranidbeni tretman također je imao utjecaja i za boju žumanjka kod skladištenih jaja ( $P=0,013$ ). Dobiveni rezultati nam govore da je najveću vrijednost za boju žumanjka imala skupina P2 (12,60), zatim kontrolna skupina nesilica (11,92), dok je najmanju prosječnu vrijednost za boju žumanjka imala P2 skupina nesilica (11,56). Na boju žumanjka utjecaj nije imao razred jaja kao ni interakcija hranidbenog tretmana i razreda jaja ( $P>0,05$ ). Kao ni kod svježih jaja, hranidbeni tretman, razred i interakcija nisu imali utjecaj na vrijednosti HJ, pH bjelanjka i pH žumanjka kod skladištenih jaja. Nakon analize podataka za utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na udjele osnovnih dijelova skladištenih jaja, dobili smo rezultate prikazane u tablici 9.

Hranidbeni tretman nije imao utjecaja na udjele osnovnih dijelova u jajetu kod skladištenih jaja ( $P > 0,05$ ). Razred jaja je imao utjecaj na vrijednosti udjela žumanjka i bjelanjka kod skladištenih jaja ( $P < 0,001$ ). Rezultati su pokazali da su jaja razreda S imala veći udio žumanjka, odnosno prosječna vrijednost je iznosila 34,18%. Udio žumanjka kod jaja razreda M imala su manje prosječne vrijednosti, odnosno 30,59%. Na udio žumanjka u jajima ispitivanih skupina utjecaj je imala i interakcija hranidbenog tretmana i razreda jaja ( $P = 0,008$ ). Skupina nesilica P2, razred S, imala je najveći udio žumanjka (34,69%), dok je prosječna vrijednost za udio žumanjka bila najmanja kod skupine P2, razred M, odnosno vrijednost je prosječno iznosila 29,15%. Na udio bjelanjka hranidbeni tretman i interakcija nisu imali statistički značajan utjecaj. Međutim, skladištena jaja razreda M imala su veći udio bjelanjka u odnosu na jaja razreda S, odnosno u prosjeku 56,70% u odnosu na 53,01%, što nam govori da je razred imao utjecaj na vrijednosti udjela bjelanjka ( $P < 0,001$ ).

Na tablici 10. prikazan je utjecaj hranidbenog tretmana, dijela jaja i njihova interakcija na sadržaj selena u žumanjcima i bjelanjcima jaja. Iz tablice je vidljivo da hranidbeni tretman ima statistički značajan utjecaj na sadržaj selena u jajima ( $P < 0,001$ ). U jajima kontrolne skupine nesilica koje su konzumirale komercijalnu krmnu smjesu, sadržaj selena je bio najniži i iznosio je 0,1388 mg Se/kg uzorka. Statistički značajno više selena imala su jaja pokusnih skupina i to P1=0,2893 mg Se/kg uzorka i P2=0,3604 mg Se/kg uzorka.

Analizom rezultata utvrđeno je da dio jaja statistički značajno utječe na sadržaj selena u jajima ( $P < 0,001$ ). Selen se bolje akumulira u žumanjcima (0,3864 mg Se/kg uzorka) jaja u odnosu na bjelanjak (0,1392 mg Se/kg uzorka).

Promatrajući rezultate interakcije hranidbenog tretmana i djela jaja, utvrđeno je da povećanjem selena u hrani statistički značajno utječemo na povećanje sadržaja selenu u jestivom dijelu jaja ( $P < 0,001$ ). Najmanji sadržaj selena u bjelanjcima jaja utvrđen je kod kontrolne skupine (0,0619 mg/kg), zatim slijedi skupina P1 s 0,1530 mg Se/kg bjelanjka, dok je najveći sadržaj selena u bjelanjcima utvrđen kod jaja nesilica skupine P2 i iznosio je 0,2028 mg Se/kg. Značajno veće vrijednosti sadržaja selena utvrđene su u žumanjcima jaja ( $P < 0,001$ ).

**Tablica 10. Utjecaj hranidbenih tretmana, djela jaja i njihove interakcije na sadržaj selena u jestivom dijelu jaja**

Utjecaji	Ispitivani faktor	n	Sadržaj Se mg/kg uzorka
Hranidbeni tretman	K	20	0,1388 <sup>c</sup>
	P1	20	0,2893 <sup>b</sup>
	P2	20	0,3604 <sup>a</sup>
Dio jajeta	BJ	30	0,1392 <sup>b</sup>
	ŽU	30	0,3864 <sup>a</sup>
Interakcija	KBJ	10	0,0619 <sup>e</sup>
	KŽU	10	0,2156 <sup>c</sup>
	P1BJ	10	0,1530 <sup>d</sup>
	P1ŽU	10	0,4256 <sup>b</sup>
	P2BJ	10	0,2028 <sup>c</sup>
	P2ŽU	10	0,5180 <sup>a</sup>
<b>P vrijednost</b>			
Hranidbeni tretman			<b>&lt;0,001</b>
Dio jajeta			<b>&lt;0,001</b>
Interakcija			<b>&lt;0,001</b>

K=komercijalna smjesa, P1=kukuruz biofortificiran s 10 g Se ha<sup>-1</sup>; P2= kukuruz biofortificiran s 20 g Se ha<sup>-1</sup>

BJ=bjelanjak, ŽU=žumanjak;

EkspONENTI <sup>a,b,c,d,e</sup> iznad brojeva u stupcu označavaju statističku značajnost na razini P<0,001

Kod žumanjaka utvrđen je statistički značajno veći sadržaj selena u pokusnoj skupini s višom razinom selena u hrani (P2=0,5180 mg Se/kg uzorka), nešto manji sadržaj selena utvrđen je kod skupine P1 (0,4256 mg Se/kg uzorka) gdje su nesilice konzumirale hranu s nižom razinom fortifikacije kukuruza selenom, i najmanji sadržaj selena utvrđen je kod kontrolne skupine (0,2156 mg Se/kg uzorka) koja je hranjena komercijalnom krmnom smjesom.

## 5. RASPRAVA

Prema rezultatima koju si prikazani u ovome radu možemo vidjeti da su hranidbeni tretman, razred i interakcija imali utjecaja samo na neke pokazatelje kvalitete jaja. Nakon ovulacije jajna stanica dopiye u ljevkašti dio jajovoda *infudibulum* gdje započinje formiranje jajeta. Za formiranje jajeta potrebno je ukupno 23 sata, a kroz to vrijeme jajna stanica transportira se kroz različite dijelove jajovoda. U svakom dijelu jajovoda jajna stanica se zadržava različito vrijeme da bi se formirao pojedini dio jajeta. U *magnumu* se formira bjelanjak, u *isthmusu* opne jajeta i halaze, a u *uterusu* se formira ljuska jajeta. Ljuska jaja sastoji se od organskog matriksa u koji se ulaže kalcijev karbonat. Za formiranje ljuske jajeta treba više od 19 sati. Jestivi dio jaja (žumanjak i bjelanjak) u *uterusu* uronjen je u tekućinu bogatu mineralima koji se ugrađuju u organski matriks. Nys i sur., (2004.) navode da je osnovna tvar ljuske jaja kalcije karbonat (96%) a preostale komponente uključuju organsku matricu (2%), magnezij, fosfor i razne elemente u tragovima. Ljuska jaja obavijana je kutikulom odnosno premazom koji ima zaštitnu ulogu da nakon nesenja spriječi ulazak mikroorganizama kroz pore u jaje. Jaje je animalna namirnica koja je ukoliko se ne skladišti-čuva u propisanim uvjetima, podložna kvarenju. Na kvalitetu jaja (svježinu) mogu utjecati uvjeti okoline (temperatura, i vlažnost prostorije) te dužina skladištenja (dani). Kvaliteta jaja može se promatrati kroz unutarnje odnosno vanjske pokazatelje. Unutarnja kvaliteta jaja obično se procjenjuje mjerenjem visine bjelanjka, pH žumanjka i bjelanjka, HJ, bojom žumanjka. Visina bjelanjka i HJ pokazatelji su povezani s uvjetima skladištenja jaja. Iako je skladištenje jaja (način i vrijeme) u trgovinama propisano Pravilnikom, potrebno je očekivati neke promjene u pokazateljima unutarnje kvalitete jaja. Promjene u jajetu koje su događaju nakon nesenja a pod utjecajem su načina i dužine skladištenjem jaja prvenstveno su vezane za gubitak vode i ugljičnog dioksida što uzrokuje povećanje pH vrijednosti u jestivom djelu jajeta (Decuypere i sur., 2001.). Wakebe, (1999.) navodi da je kvaliteta bjelanjka i žumanjka neizravno povezana s količinom izgubljenog ugljičnog dioksida od trenutka nesenja jaja. Difuzijom ugljičnog dioksida kroz poroznu ljusku jaja povećava se pH bjelanjaka (Williams, 1992.; Brake i sur., 1997.; Silversides i Scott, 2001.), što rezultira disocijacijom dvaju proteina (lisozoma i ovomucina) u bjelanjku. Navedeni proteini odgovorni su viskoznost bjelanjka kao i za okus jajeta (Williams, 1992.). Isparavanjem ugljičnog dioksida iz jaja povećava se i pH žumanjka, vitelinska

membrana koja odvaja žumanjka od bjelanjka postaje propustljiva te tvari iz žumanjka lako difundiraju u bjelanjak i obrnuto. Žumanjak gubi na svojoj konzistenciji, smanjuje mu se visina i vrlo lako se razlijeva. Sukladno svemu navedenom skladištenjem jaja duži vremenski period bjelanjak postaje vodenast, smanjuje se visina bjelanjka i HJ, a povećava pH bjelanjka ali i pH žumanjka. Navedene činjenice uočljive su u rezultatima našeg istraživanja, kod podataka skladištenih jaja. Kada je riječ o masi jaja, rezultati našeg istraživanja pokazali su da je hranidbeni tretman ima statistički značajan utjecaj na masu svježih jaja ( $P < 0,001$ ), dok kod skladištenih jaja nije uočen utjecaj hranidbenog tretmana na promatrano svojstvo ( $P = 0,484$ ). Rezultate mase čuvanih jaja sukladne našima dobili su Kralik i Išasegi (2018.). Međutim u istraživanju koje su proveli Scheideler i sur. (2010.) navode da je hranidbeni tretman, odnosno razina selena u hrani, imao utjecaj na masu jaja ( $P < 0,02$ ), što nije u skladu sa našim rezultatima. Kralik i Išasegi u svome su istraživanju dobili rezultate koji pokazuju da je hranidbeni tretman utjecao na dobivene statistički značajne razlike u masi žumanjka ispitivanih skupina jaja, što nije slučaj u ovom istraživanju. Navedeni autori ističu da je najveća masa žumanjka utvrđena kod nesilica kontrolne skupine koja je hranjena komercijalnom smjesom, dok su skupine hranjene smjesom u kojima je kukuruz biofortificiran selenom imale manju masu žumanjka. U našem istraživanju također je utvrđena najveća masa žumanjka (svježih i čuvanih jaja) kontrolne skupine u odnosu na pokusne skupine, što je sukladno rezultatima spomenutih autora.

Autori Kralik i Išasegi u svome su istraživanju dobili rezultate koji pokazuju da je hranidbeni tretman imao utjecaja na masu ljuske kod skladištenih jaja ( $P = 0,027$ ), što nije slučaj u našem istraživanju ( $P = 0,273$ ).

Kod vrijednosti visine bjelanjka skladištenih jaja naši rezultati pokazali su kako hranidbeni tretman ima statistički značajan utjecaj te su naši rezultati sukladni rezultatima istraživanja koje su proveli Kralik i Išasegi. Rezultati za boju žumanjka kod skladištenih jaja u istraživanju spomenutih autora pokazali su da je hranidbeni tretman imao utjecaja na boju žumanjka ( $P = 0,07$ ), što je sukladno rezultatima boje žumanjka skladištenih jaja u našem istraživanju ( $P = 0,013$ ). Kralik i Grčević (2017.) u istraživanju o kvaliteti jaja naveli su kako je boja žumanjka bila intenzivnija kod kokoši nesilica koje su hranjene krmnim smjesama obogaćenih sa većom razinom selena. Rezultati našeg istraživanja također potvrđuju navedenu tvrdnju spomenutih autora, jer je boja žumanjka



naših ispitivanih skupina bila najintenzivnija u skupini P2 u odnosu na skupine P1 i K kod svježih jaja ( $P=0,467$ ) i kod skladištenih jaja ( $P=0,013$ ).

Kada je riječ o sadržaju selena u jestivom dijelu jaja (bjelanjku i žumanjku), u ovom istraživanju dobili smo rezultate koji su pokazali kako hranidbeni tretman ima statistički značajan utjecaj na sadržaj Se u spomenutim dijelovima ( $P<0,001$ ). Sukladno našim rezultatima, rezultati koje su proveli Kralik i Išasegi također pokazuju kako je razina Se veća u bjelanjku i žumanjku kod nesilica čije su krmne smjese bile obogaćene većom razinom selena ( $P<0,001$ ).

Yaroshenko i sur. (2003.). u svojim rezultatima istraživanja navode da je dodatak od 0,4 ppm organskog selena u krmnim smjesama imao utjecaj na povećanje sadržaja selena u jajima. Istraživanje koje su proveli Kenyon i sur. (2003.). imaju slična zapažanja te navode da povećanje od 0,2 ppm organskog selena u hrani nesilica također ima utjecaj na sadržaj selena u jestivom dijelu jaja. Gajčević i sur. (2009.) također smatraju da hranidbeni tretman utječe na sadržaj selena u bjelanjku i žumanjku.

Slično istraživanje proveli su a Słupczyńska i sur. (2018.). U tom istraživanju imali su četiri skupine nesilice te je prva skupina hranjena komercijalnom smjesom a u ostale su smjese obogaćene selenom. U smjesu druge skupine dodan selen u obliku selenometionina, u treće selen u obliku natrijevog selenita, dok je u smjesu četvrte dodan selen u obliku selenskog kvasca. Słupczyńska i sur. (2018.) također navode kako je hranidbeni tretman imao statistički značajan utjecaj na sadržaj selena u jestivom dijelu jaja. U navedenom istraživanju dobiveni su rezultati u kojima je sadržaj selena u jajima bio najmanji kod kokoši nesilica koje su hranjene komercijalnom smjesom. Sadržaj selena u jajima kontrolne skupine iznosio je 156,2  $\mu\text{g Se/kg}$ . Sadržaj selena pokusnih skupina u odnosu na jaja kontrolne skupine bio je veći za 64%, kod jaja kokoši nesilica u čiju je smjesu dodan natrijev selenit (255,9  $\mu\text{g Se/kg}$ ), zatim za 65% veći kod jaja u čijoj je smjesi korišten seleno kvasac (258,9  $\mu\text{g Se/kg}$ ), dok je sadržaj selena kod jaja nesilica u čijoj je smjesu korišten selenometionin bio veći za čak 144% (382,2  $\mu\text{g Se/kg}$ ).

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je prikazati mogućnosti korištenja selenom biofortificiranog kukuruza u smjesama za kokoši nesilice u cilju očuvanja kvalitete jaja i povećanja sadržaja selena u jajima.

Analizom podataka utvrdili smo da selenom biofortificirani kukuruz pozitivno utječe na pokazatelje kvalitete jaja, odnosno utječe na intenzivniju boju žumanjka ( $P_2 > P_1$  i K), čvršću i deblju ljusku jaja ( $P_2 > P_1$  i K). Također smo utvrdili da razina selena u hrani utječe na sadržaj selena u jestivom dijelu jaja, jer je sadržaj selena u jestivom dijelu jaja bio veći kod skupina koje su hranjene smjesama u kojima je kukuruz bio folijarno biofortificiran selenom ( $P < 0,001$ ) u odnosu na jaja K skupine nesilica. Selen se bolje akumulira u žumanjku (K=0,2156 mg/kg;  $P_1=0,4256$  mg/kg i  $P_2=0,5180$  mg/kg) nego u bjelanjku (K=0,0619 mg/kg;  $P_1=0,1530$  mg/kg i  $P_2=0,2028$  mg/kg).

Na temelju ovih rezultata možemo reći da je upotreba selenom biofortificiranog kukuruza povoljno utjecala na povećanje navedenog mikroelementa u jajima, kao i na kvalitetu svježih i skladištenih jaja, te se preporučuje njegovo korištenje kod sastavljanja smjesa za kokoši.

## 7. LITERATURA

1. Appleby, M. C., Mench, J.A., Hughes, B.O. (2004): Poultry behaviour and welfare. CABI Publishing, Wallingford, UK.
2. Alfthan, G., Euroala, M., Ekholm, P., Venäläinen, E.R., Root, T., Korkalainen, K., Hartikainen, H., Salminen, P., Hietaniemi, V., Aspila, P., Aro, A. (2015.): From deficiency to optimal selenium status of the population, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 31, 142–147.
3. 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.
4. Cakmak, I. (2008.): Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*. 302:1-17.
5. Combs, G. F., Combs, S. B. (1984): The nutritional biochemistry of selenium. *Annual Review in Nutrition* 4: 257-280.
6. Davidowski, L. (1993.): Perkin Elmer ICP Application Study Number 67.
7. Decuypere, E., Tona, K., Bruggeman, V., Bamelis, F. (2001.): The day-old chick: A crucial hinge between breeders and broilers. *World's Poultry Science Journal*. 57:127-139.
8. Gajević, Z., Kralik, G., Šperanda, M., Škrti, Z., Matani, I. (2008.): Utjecaj različitih izvora i razina selena na proizvodna obilježja i biokemijske pokazatelje u krvi nesilica., *Zagreb, Krmiva* 50(5):245-251
9. 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 of Animal Science*, 8(2):189-199.
10. Gissel-Nielsen, G. (1977.): Control of selenium in plants. *Riso Report*, 370.
11. 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 Briec, France.
12. Kieliszek, M., Blazejak, S. (2013.): Significance, and outlook for supplementation. *Nutrition*. 29, 713–718.

13. Kralik, G., Has-Schön, E., Kralik, D., Šperanda M. (2008.): Peradarstvo- biološki i zootehnički principi. Sveučilište J.J.Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
14. Kralik, Z., Grčević, M. (2017): Kvaliteta jaja kokoši hrvatica hranjenih smjesama s biofortificiranim kukuruzom. Zbornik radova Peradarski dani 2017. (urednica: Mirta Balenović, ISSN 1848-3747), 10.-13. svibnja 2017. Šibenik, Hrvatska, str. 151-155.
15. Kralik, Z., Išasegi, I. (2018.): Mogućnost korištenja selenom biofortificiranog kukuruza u hrani kokoši nesilica., Zagreb, Krmiva 60(2018), 1:35-41.
16. Kralik, Z., Lončarić Z. (2017.): Obogaćivanje jaja kokoši hrvaticice esencijalnim mikroelementima, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
17. Mistry, H.D., Pipkin, F.B., Redman, C.W., Poston, L. (2012.): Selenium in reproductive health, American Journal of Obstetrics & Gynecology, 206, 21–30.
18. Nys Y., Gautron J., Garcia-Ruiz J.M., Hincke M.T. (2004): Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. Comptes Rendus Palevol, 3, 549–562.
19. Panda, P. C. (1996.): Shape and Texture. In Text book on Egg and Poultry Technology. First Edition, New Delhi, India.
20. Pappas, A. C., F. Karadas, P. F. Surai, B. K. Speake. (2005.): The selenium intake of the female chicken exerts a continuing influence on the selenium status of her progeny, Comparative Biochemistry and Physiology, 142B, 465-474.
21. Pavošević, K. (2017): Selen u animalnoj ishrani u animalnom lancu, Završni rad, Odjel za biologiju, Osijek, str. 1-16.
22. Pedrero, Z., Madrid, Y. (2009.): A review, Analytica Chimica Act., 634, 135–152.
23. Popijač, V., Prpić-Majić, D. (2002): Salt and wheat grain selenium content in the vicinity of Koprivnica (Croatia). Arh Hig Rada Toksikol. 53 (2) p.p.125-133.
24. Posavi, M., Eronić, M., Ozimec, R., Poljak, F. (2002): Hrvatske pasmine domaćih životinja. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb.
25. Pérez-Corona, M.T., Sánchez-Martínez, M., Valderrama, M., Rodríguez, M.E., Cámara, C., Madrid, Y. (2011.): Laboratory-scale experiments. Food Chemistry. 124, 1050–1055.
26. Reilly, C. (1996): Selenium in Food and health. Blackie Academic & Professional, an important of Chapman & Hall, London.

27. Scheideler, S. E., Weber, P., Monsalve, D. (2010.): Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg position of  $\alpha$ -tocopherol and selenium. *Appl. Poult. Res.*, 19:354-360.
28. 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.
29. Surai, P. F. (2006.): *Selenium in Nutrition and Health*, Nottingham University Press, Nottingham.
30. Surai, P. F., F. Karadas, A. C. Pappas, N. H. Sparks. (2006.): Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny, *British Poultry Science*, 47, 65-72.
31. Slencu, B.G., Ciobanu, C., Cuciureanu, R. (2012.): Selenium content in foodstuffs and its nutritional requirement for humans, *Clujul Medical*, 85, 139–145.
32. Statistica for Windows version 13.4.0.14 (StatSoftInc, 2018.)
33. Słupczyńska, M., Jamroz, D., Orda, J., Wiliczekiewicz, A., Król, B. (2018.): Long-Term Supplementation of Laying Hen Diets with Various Selenium Sources as a Method for the Fortification of Eggs with Selenium, *Journal of Chemistry*, Volume 2018., Article ID 7986591, 7 pages, Hindwai.
34. 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 19<sup>th</sup> Annual Symposium on Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lexington, LI, USA.
35. Wakebe, M., (1999.): Organic selenium and egg freshness. Japanese Patent Office, Application Heisei 8-179629. Poster Presentation 15<sup>th</sup> Annual Symp. on Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KI, USA.
36. Wasowicz, W., Gromadzinska, J., Rydzynski, K., Tomczak, J. (2003.): Polish experience, *Toxicology Letters*, 137, 95–101.
37. White, P. J., Broadley, M. R. (2009.): Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*. 182:49-84.
38. Williams, K.C. (1992.): Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*. 48:5-16.
39. <http://hpa.mps.hr/publikacije-godisnja-izvjesca/>

## 8. SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj kukuruza biofortificiranog selenom u smjesama za kokoši nesilice u cilju povećanja sadržaja navedenog mikroelementa u jajima. U istraživanju su korištene nesilice pasmine hrvatica. Istraživanje je trajalo 4 mjeseca u kojem je 60 kokoši podijeljeno u 3 skupine (20 po skupini). Nesilice su imale ograđen ispus i drvenu nastambu s gnijezdima. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je komercijalnu smjesu za kokoši nesilice, dok su pokusne skupine P1 i P2 konzumirale smjese pripremljene s biofortificiranim kukuruzom. U smjesama je korišten kukuruz hibrida Bergxxon (RWA, FAO grupa 400) koji je folijarno biofortificiran selenom na dvije razine (P1=10 g Se ha<sup>-1</sup> i P2= 20 g Se ha<sup>-1</sup>). Kokoši su svakodnevno dobivale oko 120g gotove krmne smjese. U premiksi pokusnih skupina izuzet je selen. Krmne smjese bile su izbalansirane na 18 % sirovih proteina i 11,40 MJ ME/kg hrane. Rezultati istraživanja pokazali su da je korištenje biofortificiranog kukuruza selenom imalo statistički značajan utjecaj na povećanje selena u jajima (P<0,001). Utvrđen je statistički značajniji sadržaj selena u žumanjcima (K=0,2156 mg/kg; P1=0,4256 mg/kg i P2=0,5180 mg/kg) u odnosu na bjelanjke (K=0,0619 mg/kg; P1=0,1530 mg/kg i P2=0,2028 mg/kg; P<0,001). Također, selenom biofortificirani kukuruz ima pozitivan utjecaj i na pokazatelje kvalitete jaja. Pokusna skupina P2 imala je intenzivniju boju žumanjka te čvršću i deblju ljusku jaja u odnosu na P1 i K skupine. Rezultati su pokazali da upotreba biofortificiranog kukuruza selenom ima pozitivan utjecaj na povećanje sadržaja ovog mikroelementa u jajima, kao i na poboljšanje kvalitete svježih i skladištenih jaja te se preporučuje upotreba biofortificiranog kukuruza u hrani kokoši.

***Ključne riječi:*** biofortifikacija, selen, kukuruz, kvaliteta jaja, kokoš hrvatica

## 9. SUMMARY

The aim of the study was to determine the influence of using corn bio-fortified with selenium in mixtures for hens in order to increase the content of said microelement in eggs. In the study were used hens of Hrvatica breed. The study lasted for 4 months in which 60 hens were divided into 3 groups (20 per group). The hens had a fenced-off drainage and a wooden nesting-room. The control group of the hens used a commercial mixture for the hens, while the experimental groups P1 and P2 consumed mixtures prepared with bio-fortified corn. The corn hybrid Bergxxon (RWA, FAO group 400) was foliarly bio-fortified with selenium on two levels (P1=10 g Se ha<sup>-1</sup> i P2= 20 g Se ha<sup>-1</sup>). The hens received about 120g of finished feed every day. In the premix of the experimental groups selenium was excluded. Feed mixtures were balanced on 18% crude protein and 11.4 MJ ME / kg feed. The results of the study showed that the use of bio-fortified corn with selenium had a statistically significant effect on the increase of selenium in eggs (P <0.001). Statistically significant higher selenium content was in the egg yolks (K = 0.2156 mg / kg; P1 = 0.4256 mg / kg and P2 = 0.5180 mg / kg) compared in egg whites (K = 0.0619 mg / kg; P1 = 0.1530 mg / kg and P2 = 0.2028 mg / kg; P <0.001). Experimental group P2 had a more intense color of the egg yolk and a stronger and thicker egg shell than the P1 and K groups. The results have shown that the use of bio-fortified corn with selenium has a positive effect on increasing the content of this microelement in eggs as well as improving the quality of fresh and stored eggs and the use of bio-fortified corn in chicken feed is recommended.

**Key words:** *bio-forification, selenium, quality of eggs, hrvatica hens*

## 10. POPIS TABLICA

<b>Broj tablice</b>	<b>Naziv tablice</b>	<b>Broj stranice</b>
1.	Sastav krmnih smjesa korištenih u hranidbi nesilica	13
2.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na masu svježih jaja i njegovih osnovnih dijelova (g)	17
3.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na indeks oblika i kvalitetu ljuske svježih jaja	18
4.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na unutarnju kvalitetu svježih jaja	19
5.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na udjele osnovnih dijelova svježih jaja (%)	20
6.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na masu skladištenih jaja i njegovih osnovnih dijelova (g)	21
7.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na indeks oblika i kvalitetu ljuske skladištenih jaja	22
8.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na unutarnju kvalitetu skladištenih jaja	23
9.	Utjecaj hranidbenih tretmana, razreda i interakcije na udjele osnovnih dijelova 49,9 skladištenih jaja (%)	24
10.	Utjecaj hranidbenih tretmana, djela jaja i njihove interakcije na sadržaj selena u jestivom dijelu jaja	26



## 11. POPIS SLIKA

<b>Broj slike</b>	<b>Naziv slike</b>	<b>Broj stranice</b>
1.	Pasma hrvatica crveni soj	7
2.	Primjer označavanja jaja prema Pravilniku o kakvoći jaja u RH	11
3.	Oznake proizvođačkog koda (podrijetla) konzumnih jaja na ambalaži	12
4.	Izgled nastambe za kokoši hrvaticice	14
5.	Unutrašnjost nastambe s gnijezdima za nesenje jaja	14
6.	Jato kokoši hrvatica crvenog soja na ispustu	15
7.	Određivanje unutrašnje kvalitete jaja	16

**POVEĆANJE SADRŽAJA SELENA U JAJIMA KORIŠTENJEM BIOFORTIFICIRANOG KUKURUZA U HRANI  
KOKOŠI**

Bojana Ljuboja

**Sažetak:** Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj kukuruza biofortificiranog selenom u smjesama za kokoši nesilice u cilju povećanja sadržaja navedenog mikroelementa u jajima. U istraživanju su korištene nesilice pasmine hrvatica. Istraživanje je trajalo 4 mjeseca u kojem je 60 kokoši podijeljeno u 3 skupine (20 po skupini). Nesilice su imale ograđen ispust i drvenu nastambu s gnijezdima. Kontrolna skupina nesilica konzumirala je komercijalnu smjesu za kokoši nesilice, dok su pokusne skupine P1 i P2 konzumirale smjese pripremljene s biofortificiranim kukuruzom. U smjesama je korišten kukuruz hibrida Bergxxon (RWA, FAO grupa 400) koji je folijarno biofortificiran selenom na dvije razine (P1=10 g Se ha<sup>-1</sup> i P2= 20 g Se ha<sup>-1</sup>). Kokoši su svakodnevno dobivale oko 120g gotove krmne smjese. U premiksi pokusnih skupina izuzet je selen. Krmne smjese bile su izbalansirane na 18 % sirovih proteina i 11,40 MJ ME/kg hrane. Rezultati istraživanja pokazali su da je korištenje biofortificiranog kukuruza selenom imalo statistički značajan utjecaj na povećanje selen u jajima (P<0,001). Utvrđen je statistički značajniji sadržaj selen u žumanjcima (K=0,2156 mg/kg; P1=0,4256 mg/kg i P2=0,5180 mg/kg) u odnosu na bjelanjke (K=0,0619 mg/kg; P1=0,1530 mg/kg i P2=0,2028 mg/kg; P<0,001). Također, selenom biofortificirani kukuruz ima pozitivan utjecaj i na pokazatelje kvalitete jaja. Pokusna skupina P2 imala je intenzivniju boju žumanjka te čvršću i deblju ljusku jaja u odnosu na P1 i K skupine. Rezultati su pokazali da upotreba biofortificiranog kukuruza selenom ima pozitivan utjecaj na povećanje sadržaja ovog mikroelementa u jajima, kao i na poboljšanje kvalitete svježih i skladištenih jaja te se preporučuje upotreba biofortificiranog kukuruza u hrani kokoši.

**Rad je izraden pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** Izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik

**Broj stranica:** 37

**Broj grafikona i slika:** 7

**Broj tablica:** 10

**Broj literaturnih navoda:** 39

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** biofortifikacija, selen, kukuruz, kvaliteta jaja, kokoš hrvatica

**Datum obrane:**

**Povjerenstvo za obranu:**

1.prof.dr.sc. Zoran Škrtić, predsjednik

2.izv.prof.dr.sc. Zlata Kralik, mentor

3.doc.dr.sc. Dalida Galović, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakultet biotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

**INCREASING THE CONTENT OF SELENIUM IN EGGS USING BIO-FORTIFIED MAIZE IN THE HENS  
MIXTURES**

Bojana Ljuboja

**Abstract:** The aim of the study was to determine the influence of using corn bio-fortified with selenium in mixtures for hens in order to increase the content of said microelement in eggs. In the study were used hens of Hrvatica breed. The study lasted for 4 months in which 60 hens were divided into 3 groups (20 per group). The hens had a fenced-off drainage and a wooden nesting-room. The control group of the hens used a commercial mixture for the hens, while the experimental groups P1 and P2 consumed mixtures prepared with bio-fortified corn. The corn hybrid Bergxxon (RWA, FAO group 400) was foliarly bio-fortified with selenium on two levels (P1=10 g Se ha<sup>-1</sup> i P2= 20 g Se ha<sup>-1</sup>). The hens received about 120g of finished feed every day. In the premix of the experimental groups selenium was excluded. Feed mixtures were balanced on 18% crude protein and 11.4 MJ ME / kg feed. The results of the study showed that the use of bio-fortified corn with selenium had a statistically significant effect on the increase of selenium in eggs (P <0.001). Statistically significant higher selenium content was in the egg yolks (K = 0.2156 mg / kg; P1 = 0.4256 mg / kg and P2 = 0.5180 mg / kg) compared in egg whites (K = 0.0619 mg / kg; P1 = 0.1530 mg / kg and P2 = 0.2028 mg / kg; P <0.001). Experimental group P2 had a more intense color of the egg yolk and a stronger and thicker egg shell than the P1 and K groups. The results have shown that the use of bio-fortified corn with selenium has a positive effect on increasing the content of this microelement in eggs as well as improving the quality of fresh and stored eggs and the use of bio-fortified corn in chicken feed is recommended.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Zlata Kralik

**Number of pages:** 37

**Number of figures:** 7

**Number of tables:** 10

**Number of references:** 39

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** bio-fortification, selenium, quality of eggs, hrvatica hens

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Prof. Zoran Škrtić Ph.D., president
2. Assoc. prof. Zlata Kralik Ph.D., mentor
3. Assist. Dalida Galović Ph.D., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.