Varijabilnosti fizikalnih i senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja

Stojanović, Tena

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:581277

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

VARIJABILNOST FIZIKALNIH I SENZORSKIH SVOJSTAVA JAJA IZ SLOBODNOG UZGOJA

DIPLOMSKI RAD

Tena Stojanović

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mesa

VARIJABILNOSTI FIZIKALNIH I SENZORSKIH SVOJSTAVA JAJA IZ SLOBODNOG UZGOJA

DIPLOMSKI RAD

Tena Stojanović

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivica Kos

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Tena Stojanović**, JMBAG 0178105449, rođena 15.8.1996. u Koprivnici, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

VARIJABILNOSTI FIZIKALNIH I SENZORSKIH SVOJSTAVA JAJA IZ SLOBODNOG UZGOJA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Tena Stojanović

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Tena Stojanović**, JMBAG 0178105449, naslova

VARIJABILNOSTI FIZIKALNIH I SENZORSKIH SVOJSTAVA JAJA IZ SLOBODNOG UZGOJA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Ivica Kos, mentor _____
2. prof. dr. sc. Zlatko Janječić, član _____
3. doc. dr. sc. Dalibor Bedeković, član _____

Zahvala

Prije svega želim zahvaliti svojoj obitelji na iskazanoj pomoći i podršci za vrijeme studiranja. Tijekom proteklih 6 godina bilo je uspona i padova, ali ste uvijek bili uz mene kada je trebalo. Zahvaljujem svim profesorima, a posebice mentoru izv. prof. dr. sc. Ivici Kosu za pomoć oko pisanja ovog rada. Također, hvala kolegama sa smjera i fakulteta što su mi boravak u Zagrebu i studiranje ostavili u lijepom sjećanju. Hvala i Jasminu što je vjerovao u mene i bio mi podrška u svakom trenutku.

Sadržaj

1. Uvod 1

Cilj rada 2

2. Pregled literature 3

2.1. Biologija nastanka jajeta 3

2.2. Kvaliteta jaja 4

2.2.1. Kvaliteta ljuske jajeta 5
2.2.2. Faktori koji utječu na kvalitetu ljuske 6
2.2.3. Unutrašnja kvaliteta jaja 9
2.2.4. Kvaliteta bjelanjka 10
2.2.5. Kvaliteta žumanjka 11

2.3. Slobodni uzgoj 13

2.3.1. Obilježja slobodnog uzgoja 13
2.3.2. Kvaliteta ljuske jaja nesilica iz slobodnog uzgoja 15
2.3.3. Faktori koji utječu na senzornu kvalitetu jaja 15
2.3.4. Boja žumanjka i karotenoidi 16

3. Materijali i metode 18

4. Rezultati i rasprava 19

4.1. Fizikalna svojstva jaja 19

4.2. Senzorna svojstva jaja 22

4.2.1. Hedonistički test 22
4.2.2. Jednostavni test razlike 25

5. Zaključak 29

6. Literatura 30

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Tene Stojanović**, naslova

Varijabilnosti fizikalnih i senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja

Jaja iz slobodnog uzgoja podrazumijevaju jaja od kokoši nesilica koje tijekom dana slobodno borave na zatravljenom ispustu na kojem nalaze dodatni izvor hranjivih tvari što može uzrokovati varijabilnost fizikalnih i senzorskih svojstava jaja. Provedenim je istraživanjem utvrđeno da je svojstvo svježine najvarijabilnije unutar 15 analiziranih svojstava s koeficijentom varijacije (CV) 31,01%, dok je najmanju varijabilnost imalo svojstvo širine jaja (CV=2,77%). Između senzorskih svojstava, boja žumanjka je imala najmanju varijabilnost (CV=15,27%), a svojstvo teksture najveću (CV=21,69%). Hedonističkim senzorskim testom je utvrđeno da se jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi značajno razlikuju ($P<0,05$) od jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje u boji žumanjka. Nadalje, jednostavnim testom razlika je u 72,23% situacija postignuto uspješno razlikovanje jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi i iz maloprodaje. Navedeno potvrđuje vrijednost R-indeksa od 77,70% zbog čega možemo zaključiti da se jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi i jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje statistički značajno razlikuju ($P<0,05$) u senzorskim svojstvima.

Ključne riječi: jaja, slobodni uzgoj, fizikalna svojstva, senzorska svojstva, R-indeks

Summary

Of the master's thesis – student **Tena Stojanović,** entitled

VARIABILITY OF PHYSICAL AND SENSORY CHARACTERISTIC OF FREE-RANGE EGGS

Free-range eggs are eggs from laying hens that spend their days in grassy fields, which provides an additional source of nutrients that can lead to variability in the physical and sensory characteristics of the eggs. In this study, it was found that freshness was the trait with the highest variability, with a coefficient of variation (CV) of 31.01%, while egg width had the lowest variability (CV =2.77%). Among the sensory traits, yolk color showed the lowest variability (CV =15.27%) and texture the highest (CV =21.69%). The hedonic sensory test revealed that free-range eggs from family farms differed significantly (P 0.05) from free-range retail eggs in yolk color. In addition, panelists were able to successfully discriminate free-range eggs from family farm eggs from retail eggs in 72.23% of the given situations using the same-different test. These results confirm the R-index value of 77.70%. It can be concluded that free range eggs from family farms are statistically significantly (P<0.05) different from free range retail eggs in terms of sensory attributes.

Keywords: eggs, free range, physical characteristics, sensory traits, R-index

1. Uvod

Jaje je namirnica životinjskog porijekla koja se koristi u ljudskoj prehrani tisućama godina te predstavlja jedan od najvažnijih izvora animalnog proteina današnjice zbog svoje niske cijene, dostupnosti širom svijeta, niskih zahtjeva proizvodnje u odnosu na druge animalne proteine, hranjivosti, ukusnosti, lake probavljivosti i poimanja o blagotvornom utjecaju po ljudsko zdravlje. Kokošja jaja biološki su vrlo vrijedna hrana i ljudski organizam koristi hranjive tvari jajeta u velikom postotku. Osim toga, jaja sadrže sve esencijalne aminokiseline te mnoge vitamine i minerale poput vitamina A, folne kiseline, riboflavina, vitamina B12, kolina, željeza, fosfora, cinka i kalija (Ivanković i sur., 2018.).

Najčešće, izbor kupovnih jaja određuje njihova veličina i cijena stoga su najprodavanija jaja ona iz kaveznog uzgoja M ili L veličine. Kupci sve više pokazuju interes za „funkcionalnom“ hranom koja može spriječiti ili usporiti nastanak bolesti (Cherian i sur., 2002.), a osim toga, iz godine u godinu raste broj ljudi koji brinu i o dobrobiti životinja, porijeklu namirnica, zoonozama te načinu držanja proizvodnih jedinki. Stoga ne čudi porast potražnje jaja dobivenih alternativnim sustavima proizvodnje poput podnog držanja nesilica, slobodnog uzgoja, organskog uzgoja, bez uporabe lijekova, hrane animalnog porijekla i hormona u hranidbi itd. Javnost smatra da su jaja dobivena slobodnim (free range) načinom držanja superiornija u odnosu na ona iz kaveznog načina držanja. U nastojanju da ispune zahtjeve kupaca, proizvođači su se okrenuli većoj proizvodnji takvih jaja te su način držanja nesilica i nutritivnu vrijednost počeli isticati na ambalaži svog proizvoda (Lordelo i sur., 2016.). Često kupovina takvih jaja podrazumijeva i veću cijenu jer se smatraju „obogaćenim“ namirnicama. Treba imati na umu da odabir jaja po načinu držanja ili specifikacijama na poleđini deklaracije ne mora biti garancija povećane kvalitete tog proizvoda.

Proizvodnja jaja u Hrvatskoj odvija se kao intenzivna proizvodnja na obiteljskim gospodarstvima, intenzivna proizvodnja na velikim farmama i proizvodnim subjektima te kao ekstenzivna proizvodnja na okućnicama (Senčić i sur., 2017. prema Ivanković i sur., 2018.). Uzgoj kokoši u Republici Hrvatskoj je do 2012. godine najčešće bio kavezni, a potom su se proizvođači jaja prilagodili uvjetima definiranima Direktivom vijeća EU 1999/74/EC prema kojoj se zemljama-članicama EU zabranjuje uporaba konvencionalnih kaveza. Navedena direktiva EU implementirana je u zakonodavstvo Republike Hrvatske kroz Zakon o zaštiti životinja (NN 135/06 i 37/13), Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (NN 77/10, 99/10 i 51/11), Pravilnik o zaštiti životinja koje se uzgajaju u svrhu proizvodnje (NN 44/10) i Pravilnik o registraciji gospodarstava na kojima se drže kokoši nesilice (NN 113/10). Pri svemu tome je naglasak na primjeni novih sustava držanja kokoši nesilica u svrhu osiguranja veće dobrobiti životinja (Ivanković i sur., 2018.).

Cilj rada

Proizvodnja jaja iz slobodnog uzgoja češće je prisutna kod manjih poljoprivrednih gospodarstava koje karakteriziraju promjenjivi izbor krmiva i neujednačeni uvjeti držanja kokoši. Zbog toga, uzgoj na otvorenom može biti izvor varijabilnosti koji se može odraziti na fizikalna i senzorska svojstva jaja. Stoga je cilj ovog rada bio utvrditi fizikalna i kemijska svojstva jaja iz slobodnog uzgoja porijeklom od 6 obiteljskih poljoprivrednih proizvođača iz Slavonije.

2. Pregled literature

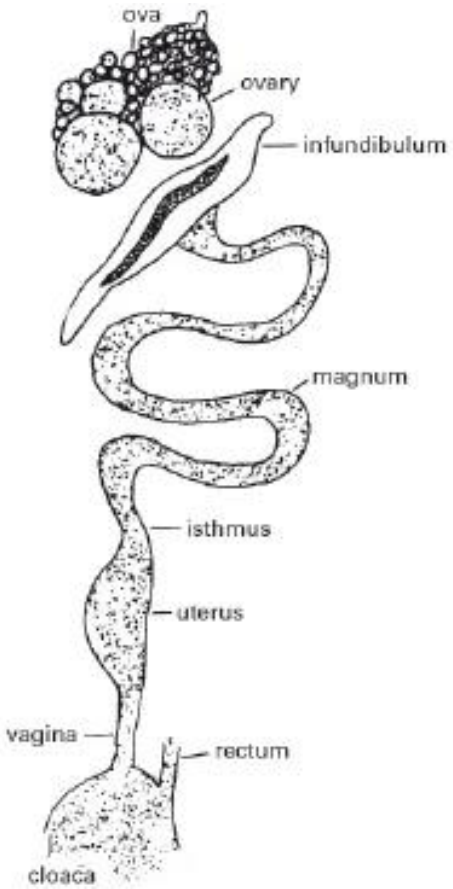
2.1. Biologija nastanka jajeta

Jaje je proizvod rada spolnog sustava kokoši i ono nastaje u jajniku i jajovodu. Kako bi nastanak jaja bio razumljiv, potrebno je opisati anatomsku građu spolnog sustava kokoši nesilice (Slika 2.1.1.). Kokoši nesilice, kao i većina ptica (izuzetak su patke) ima reducirane spolne organe tj. desni jajnik i desni jajovod se reduciraju tijekom embrionalnog razvoja, a lijevi jajnik i lijevi jajovod su dobro razvijeni, te se nadovezuju na maternicu (uterus), i vaginu. Jajovod je u peradi spiralna cijev nejednake građe i širine. Prema građi i funkciji u procesu formiranja jajeta jajovod se može podijeliti na pet dijelova. Prvi, ljevkasti dio jajovoda nalazi se ispod samog jajnika i prihvaća zrele jajne stanice – žumanjke. U tom dijelu jajovoda odvija se i oplodnja jajnih stanica te se počinju stvarati halaze, tvorba kojih se nastavlja u magnumu i završava u istmusu i uterusu (Uremović i sur., 2002.).

Žumanjak jajeta nastaje u lijevom jajniku iz jajne stanice koja prolazi kroz intenzivan porast 7 dana prije ovulacije. Procesi stvaranja i odlaganja žumanjka dijele se u 3 stadija: diferencijacija prvobitnih spolnih stanica, njihovo razmnožavanje te rast i sazrijevanje. Žumanjak ovulacijom prelazi u infundibulum, početni dio jajovoda kokoši te ondje miruje otprilike 15 minuta. Istovremeno se stvara začetak vitelinske membrane i halaza jajeta. Nakon stvaranja halaza, žumanjak putuje do magnuma i u njemu prebiva oko 15 sati dok se sintetiziraju proteini bjelanjka (albumena), otprilike njih 40. Ti proteini imaju ulogu mehaničke zaštite i zaštite žutanjka od bakterija, ali služe i kao kalup za stvaranje ljuske te membrana ljuske jajeta (Ahmadi i Rahimi, 2011.). Bjelanjak se može podijeliti na više slojeva: halaziferni, unutarnji rijetki, srednji gusti i vanjski rijetki. Jaje u nastanku potom ide do isthmusa gdje se, u roku od sat vremena, sintetiziraju vlakna koja će tvoriti unutarnju i vanjsku membranu ljuske. Nakon toga jaje odlazi u maternicu. Ondje se vrši protok vode i elektrolita u bjelanjak (albumen) u procesu zvanom „bubrenje“. Tijekom bubrenja albumena događa se i stvaranje ljuske jajeta (Ahmani i Rahimi, 2011.).

Ljuska se stvara iz uterusne tekućine koja je bogata kalcijem, procesom kalcifikacije. Tijekom prvih 5 sati tj. kada albumen bubri, uterusna tekućina ima vrlo malo kalcija pa je i odlaganje slabo. U narednih 15 sati boravka jajeta u maternici dolazi do bržeg i ravnomjernijeg odlaganja kalcija i ostalih komponenti ljuske poput ljuskinih membrana, matrične supstance, mamilarnih slojeva, pora i kutikule. Glavni proces stvaranja ljuske je ugradnja mineralnih soli (većinom kalcijevog karbonata) u organsku matričnu supstancu za što je nesilici potrebno mnogo više kalcija nego što ga ima u krvi stoga je pravilna hranidba s dostatnom količinom kalcija neophodna za proizvodnju kvalitetnih jaja jer čak 75% kalcija u ljusci jajeta potječe ih hrane, a ostalih 25% iz medularnih kostiju kokoši (femur, tibija, lubanja i vratni kralješci). Na površini ljuske netom snesenog jajeta se nalazi kutikula ili nadlupinska membrana koja je propusna za plinove, ali ne i za mikroorganizme ili tekućine. Kutikula je vlažna te se sušenjem jajeta ubrzo uvuče u njegove pore. Pore su tanki kanalići u ljusci jajeta s promjerom od 0,006 do 0,013 mm, a duljina im ovisi o debljini ljuske i iznosi oko 0.2 mm. Uloga pora je da spajaju

međuprostore podlupinskih membrana s vanjskim svijetom te tako omogućuju disanje zametku u razvoju. Ljuska jajeta se sastoji od dva sloja: mamilarnog (unutarnjeg) sloja i palisadnog (vanjskog) sloja. Pigmenti koji određuju boju jajeta zovu te protoporfirini te nastaju razgradnjom hemoglobina, a njihova sekrecija se vrši u uterusu kada se stvara ljuska. Debljina, čvrstoća i boja ljuske su nasljedna svojstva, ali na njih mogu utjecati i različiti vanjski čimbenici poput hranidbe, načina držanja, mikroklimatskih uvjeta, zdravlja i starosti nesilice (Uremović i sur., 2002).



Slika 2.1.1. Reproduktivni trakt kokoši nesilice
Izvor: Formation of the Egg, The Poultry Site
(https://www.thepoultrysite.com/publications/egg-quality-handbook/2/formation-of-the-egg)
pristupljeno: 23.6.2021.

2.2. Kvaliteta jaja

Kvaliteta jaja definirana je kao obilježje jajeta koje utječe na njegovu prihvatljivost potrošačima te se sagledava analizom fizikalno-kemijskih svojstava jaja što obuhvaća parametre koji se odnose na ljusku (vanjska kvaliteta; čistoća, čvrstoća i debljina ljuske) i na bjelanjak i žumanjak (unutarnja kvaliteta; visina i širina bjelanjka i žumanjka, boja žumanjka). Osim navedenih parametara važni su i miris, krupnoća, svježina, okus i pakiranje. Konzumna jaja se sortiraju u dvije klase: A klasa (svježa jaja) i B klasa (namijenjena preradi i industrijska jaja). Svježa jaja imaju loptasti žumanjak koji je okružen relativno gustim bjelanjkom koji je

razliven na relativno maloj površini te ima izraženu granicu između gustog i rijetkog dijela. Pojava crvenkastih mrlja ili točkica koje podsjećaju na komadić mesa ili krvi smatra se manjom greškom u kvaliteti jaja (Uremović i sur., 2002.).

Kvalitetu jaja moguće je mjeriti na više načina, tj. mjere se parametri vanjske i unutrašnje kvalitete. Vanjske osobine jajeta čine: veličina, masa, oblik, boja i površina ljuske (Senčić i sur., 2017. prema Ivanković i sur., 2018.). Masa jaja ovisi o čimbenicima kao što su vrsta peradi, dob nesilica, spolno sazrijevanje, ciklus nesenja, godišnje doba (temperatura, svijetlost), hranidba i dr. (Kralik i sur., 2008.). Oblik jajeta značajno je fizikalno svojstvo jaja sa zoohigijenskog i trgovačkog stajališta te se prikazuje indeksom oblika (IO) i mjeri pomoću pomične mjerke. Indeks oblika se izražava u postocima na način da se vrijednosti dužine i širine jajeta izmjereni pomičnom mjerkom uvrštavaju u formulu:

Indeks oblika (%) = širina jajeta/dužina jajeta * 100

Masa jaja predstavlja ukupnu masu ljuske, bjelanjka i žumanjka. Masa ljuske mjeri se vaganjem ljuske jajeta nakon njegova razbijanja i odvajanja bjelanjka i žumanjka. Masa osnovnih dijelova dobiva se njihovim vaganjem nakon što se odvoje žumanjak i bjelanjak.

2.2.1. Kvaliteta ljuske jajeta

Kvaliteta ljuske jajeta predstavlja sposobnost ljuske da izdrži vanjsku silu bez pucanja ili razbijanja (De Ketelaere i sur., 2002.), a određuju je njena čvrstoća i debljina. Na ljusci jaja mogu biti razna oštećenja, što ih čini nepogodnima za konzumaciju. Najčešće su to velike, nitaste ili zvjezdaste pukotine, tanka ili ravna ljuska, karirana jaja ili rupice na jajima (Couttis i Wilson, 2007.). Ljuska može biti zaprljana fecesom, steljom, zemljom itd. Kako bi se provjerila prisutnost pukotina i/ili drugih defekata na ljusci, jaja se prosvjetljavaju (lampiraju), tj. kroz njih se propušta uski snop jake svijetlost u zamračenoj prostoriji. Alternativa lampiranju je uporaba elektronskog detektora pukotina.

Kvaliteta ljuske se može mjeriti pomoću više metoda, a neke od njih zahtijevaju da se jaje razbije. Metode možemo podijeliti na direktne i indirektne pri čemu direktne metode podrazumijevaju mjerenja čvrstoće ljuske razbijanjem poput frakture ljuske pod pritiskom, sile punkcije ljuske i težine ljuske (Ahmadi i Rahimi, 2011.).

Boja ljuske se određuje vizualnom usporedbom (komparacijom) uz uporabu niza ocjenjivačkih standarada ili se može mjeriti pomoću reflektivnosti ljuske tako da se u kontroliranim uvjetima određuje razmjer direktne svjetlosti koja se odbija od površine jajeta.

Točka pucanja ljuske se najčešće mjeri tako da se jaje u kontroliranim uvjetima podvrgava pritisku na ljusku koji se postepeno povećava sve dok ljuska ne pukne. Zabilježava se sila koja je minimalna da bi ljuska pukla. Istraživanja su pokazala veliku negativnu korelaciju između točke pucanja ljuske i pukotina prisutnih na jajetu (Voisey i Hamilton, 1977. prema Ahmadi i Rahini, 2011.). Količina i debljina ljuske su povezani s čvrstoćom ljuske.

Masa ljuske se mjeri tako da se jaje razbije, odvoji se unutrašnjost jajeta, a ljuska se pažljivo i temeljito opere i osuši te se podvrgne mjerenju. Kao što je već navedeno, masa ljuske se može izraziti kao udio u ukupnoj masi jajeta stoga se može prikazati i kao postotak ljuske u jajetu. Prema van Ruth i sur. (2010.), ljuska iznosi otprilike 10% jajeta dok na bjelanjak otpada oko 60%, a na žumanjak 30%.

Debljina ljuske se određuje prikladnim spravama za mjerenje te se uobičajeno mjeri na tri komadića ljuske uzeta s područja ekvatora jajeta. Ljuska jaja je tanja u sredini u odnosu na polove (Kralik i sur., 2008.). Čvrstoća ljuske jajeta nije određena samo njenom količinom nego i kvalitetom njene strukture. U više je istraživanja (Solomon, 1991., Roberts i Blackpoll, 1994., Nys i sur., 1999.) uporabom elektronskog mikroskopa promatrana ultrastruktura ljuske. U slučajevima gdje su masa ljuske, udio ljuske i njena debljina zadovoljavajući, ali je točka pucanja ljuske relativno niska, objašnjenje vjerojatno leži u ultrastrukturi ljuske, tj. koliko je dobro ili loše konstruirana (Ahmadi i Rahini, 2011.).

2.2.2. Faktori koji utječu na kvalitetu ljuske

Starost i pasmina ili linija hibrida dokazano utječu na kvalitetu jaja pa tako i njihove ljuske. Hibridi su godinama uzgajani i genetski selektirani na određena svojstva pa tako različite linije hibridnih nesilica liježu jaja čija se kvaliteta ljuske i veličina te sama produktivnost nesilica znatno razlikuju. Također, uočljiva je razlika u proizvodnji modernih hibrida u usporedbi s tradicionalnim pasminama kokoši. Selekcija na samo jedno svojstvo poput mase jaja može utjecati na pojavljivanje drugih svojstava te imati negativan utjecaj na druge bitne karakteristike (npr. kvalitetu ljuske) stoga je praćenje korelacija karakteristika u programima genetske selekcije od izuzetne važnosti.

Starije nesilice imaju tendenciju nesenja većih jaja u odnosu na kokice koje su tek pronesle, ali te tendencije imaju utjecaja na čvrstoću ljuske. Vrlo mlade nesilice nemaju u potpunosti razvijene žlijezde koje igraju ključnu ulogu u izradi ljuske stoga je veća vjerojatnost da snesu jaja bez ljuske ili s vrlo tankom ljuskom. Veličina jaja se povećava s povećanjem dobi nesilice, a istovremeno se povećava i masa ljuske ili stagnira. U oba slučaja, porast veličine jaja nije praćen proporcionalnim povećanjem mase ljuske stoga se odnos udjela mase jajeta i mase ljuske smanjuje (Ahmadi i Rahini, 2011.). Postoje dokazi koji upućuju na to da je nemogućnost kokoši da proizvede povećanu količinu ljuske povezana s aktivnošću 25-hidroksi-kolekalciferol-1-hidroksilaze, enzima koji sudjeluje u homeostazi kalcija (Elaroussi i sur., 1994.). Keshavarz (2003.) navodi kako davanje određenih dodataka u hranu ima utjecaja na povećanje kvalitete ljuske kod starijih nesilica.

Jedan od važnih pokazatelja kvalitete ljuske je i njena cjelovitost. Defekti koje uključujemo u kategoriju cjelovitosti ljuske jaja su rupice, nitaste pukotine, zvjezdaste pukotine, tanka ljuska, meka ljuska (slika 2.2.2.1.) i jaja bez ljuske (Ahmadi i Rahini, 2011.). Jaja koja imaju jedan ili više navedenih defekata ne mogu ići u maloprodaju i nisu za ljudsku konzumaciju nego su namijenjena preradi. Najveći utjecaj na pojavu svih vrsta pukotina imaju

mehanička oštećenja. Jaja sa slabijom i tanjom ljuskom su sklonija pucanju te, posljedično, mikrobnoj kontaminaciji. Utjecaj starosti nesilice na kvalitetu ljuske se do određenog stupnja može smanjiti induciranim ili prisilnim mitarenjem. Rezultati su varijabilni i ovise o prirodi i jačini mitarenja te o starosti nesilica (Ahmadi i Rahini, 2011.). Treba voditi računa o tome da je prisilno mitarenje veoma stresno za kokoši; mortalitet je na mjesečnoj bazi više nego dvostruko povećan (doseže do 3%, a u prvom ciklusu nesivosti iznosi 0,5-0,8%) stoga se dovodi u pitanje dobrobit životinja koje se podvrgavaju ovom tretmanu slijedom čega je zabranjeno u zemljama članicama EU.

Svaka ljuska kokošjeg jajeta sadrži do 3 grama kalcija stoga je neophodno u krmnu smjesu za nesilice dodati kalcij u količini koja će biti dostatna za neometanu proizvodnju jaja te u obliku koji će tijelo nesilice moći efikasno apsorbirati i koristiti. Čak 50-70% kalcija bi trebao biti u gruboj formi veličine od 2 do 5 mm, a ostatak u praškastoj formi. Ishrana s adekvatnim vitaminima i mineralima je od izuzetne važnosti za dobru kvalitetu ljuske. Osim kalcija, važnu ulogu kao makronutrijent ima i fosfor jer omogućuje skladištenje kalcija u skeletu te njegovo iskorištenje tijekom formiranja ljuske u maternici nesilice. Sohial i Roland (2002.) navode da se količina kalcija u krmnoj smjesi treba povećati tijekom uzgoja mladih kokica i to 7 do 10 dana prije proneska. Koliko je fosfor važan u metabolizmu kalcija dokazuju istraživanja Rolanda i Bryanta (1994.) u kojima su predstavili dokaze da će, ukoliko je fosfor slabo zastupljen u organizmu, dodavanjem kalcija u krmnu smjesu prerano će se izazvati negativan utjecaj na bubrege mladih nesilica koje još nisu snijele prvo jaje. Ipak, važnije je na vrijeme opskrbiti nesilice dodatnim kalcijem jer bi njegovo pomanjkanje u organizmu moglo izazvati dugoročne posljedice na metabolizam kalcija i njegovo skladištenje u kostima (Ravindran i sur., 1995.).

Vitamini poput vitamina D, C, E i A se ističu po važnosti za metabolizam nesilice te je njihova zastupljenost preduvjet za nesenje jaja s kvalitetnom ljuskom. Vitamin D je neophodan za metabolizam kalcija te se dodatkom njegovog metabolita 25-hidroksivitamina D_3 u krmnu smjesu i konzumacijom prevodi u biološki aktivni oblik koji je dostupan nesilici. Adekvatne količine vitamina C su od esencijalne važnosti za održanje normalnog zdravlja ptice. Osim toga, zamijećeno je da vitamin C može pomoći u otklanjanju znakova stresa. Postoje dokazi da dodaci vitamina E potpomažu kokošima koje su podlegle toplinskom stresu. Niske količine vitamina A se povezuju s povećanom vjerojatnošću pojave krvavih mrlja koje smanjuju unutrašnju kvalitetu jaja (Ahmadi i Rahini 2011., prema Rolandu i Bryantu 2000.).

Kakvoća vode može utjecati na kvalitetu ljuske jaja. Voda ponuđena nesilicama mora biti higijenski ispravna kako bi se osigurala zaštita od zaraze bolestima. Temperatura vode igra veliku ulogu u produktivnosti nesilica, poglavito tokom ljetnih mjeseci kada je zabilježeno minimalno uzimanje vode ili čak odbijanje ako je temperatura okoline i vode previsoka.

Krmne smjese kontaminirane mikotoksinima smanjuju kvalitetu ljuske jaja tako što nesilice smanjuju unos hrane koja je kontaminirana. Posljedica smanjenog unosa je i smanjen sadržaj kalcija, drugih vitamina, minerala i makronutrijenata neophodnih za izgradnju ljuske dobre kvalitete.

Neke nesilice, kao posljedica posjedovanja nasljednog gena, akumuliraju znatne količine trimetilamina (TMA) u jajima što rezultira neprihvatljivim ribljim mirisom jaja. Uzrok toga je nemogućnost kokoši da oksidira trimetilamine koji se nalaze u sastojcima krmne smjese poput ribljeg koštanog brašna i uljane repice (Ahmadi i Rahini (2011.) prema Rolandu i Bryantu, (2000.)).



Slika 2.2.2.1. Jaje s mekom ljuskom

Izvor: Abnormal chicken eggs. 37 egg and shell problems explained, Cluckin.net (https://cluckin.net/abnormal-chicken-eggs-35-egg-problems-explained.html) – pristup 20.5.2021.

Stres ima zamjetnu ulogu na proizvodnju jaja, pa tako i njihove ljuske. Postoji više vrsta stresa, a ako dolazi do ispreplitanja više njih tada se smatra da je zahvaćena nesilica pod generalnim stresom. Ravindran i sur. (1999.) su u istraživanju otkrili kako velika napučenost u peradnjaku izaziva veću pojavu jaja s naboranom ljuskom. Takva jaja su rezultat kontrakcije žlijezde odgovorne za stvaranje ljuske i to u ranim fazama stvaranja. Stres se kod nesilica može manifestirati i odgođenom ovipozicijom, tj. odbijanjem kokoši da snese jaje što dovodi do porasta broja jaja s bijelim prstenovima i uleknućima na jednoj strani jaja. Jaje koje ima bijele prstenove je ono koje se nije snijelo na vrijeme, a jaje s uleknućem je bilo naslonjeno na prstenasto jer se također nalazilo u maternici stoga, zbog skučenog prostora, nije uspjelo formirati eliptični oblik karakterističan za jaje normalnog oblika. Dorminey i sur. (1965.) naglašavaju kako stresori poput relokacije i nemogućnosti odlaska nesilice u gnijezdo povećavaju mogućnost pojave prstenastih jaja, jaja s nakupinama kalcija na vanjskoj strani ljuske, jaja s uleknućima i drugim deformacijama koje smanjuju kvalitetu ljuske.

Toplinski stres kod nesilica je uzrokovan visokim dnevnim temperaturama u ljetnim mjesecima kada temperature iznose više od 25 °C što može rezultirati manjim jajima i

smanjenom kvalitetom ljuske. Toplinski stres utječe tako što mijenja psihološke procese kod kokoši nesilica, a primjer toga je znatno količinsko smanjenje konzumacije hrane. Posljedica toga je smanjen unos kalcija, pa nesilica nema dovoljno raspoloživog kalcija u krvi da bi stvorila kvalitetnu ljusku kada za to dođe vrijeme. Također, smanjena konzumacija hrane može smanjiti aktivnost enzima ugljične anhidraze koji se pretvara u bikarbonate, a ti bikarbonati doprinose karbonizaciji ljuske jajeta (Solomon i sur., 1987.). Stoga, davanje dodataka u obliku natrijevog bikarbonata tijekom toplinskog stresa može poboljšati kvalitetu ljuske (Altan i sur., 2000.). Hranidba mora biti formulirana tako da bude prikladna smanjenoj konzumaciji nesilica. Postoje dokazi koji ukazuju da je oblik suplementarnog kalcija koji je umiješan u krmnu smjesu od velike važnosti. Preporuča se da polovica kalcija kojeg nesilica unosi hranidbom bude grube i veće strukture čestica što doprinosi boljoj kvaliteti ljuske kod ptica koje su izložene toplinskom stresu. Porastom temperatura, zahtjevi za fosforom su također u blagom porastu. Naposljetku, davanje svježe i hladne vode može ublažiti simptome toplinskog stresa.

Svaka bolest koja kompromitira zdravlje ptice može indirektno rezultirati defektnim jajima i lošom kvalitetom ljuske. Niz trematoda i *Prosthogonimus spp*. mogu uzrokovati upalu jajovoda te posljedično tome nastanak jaja s mekom ljuskom ili jaja bez ljuske (Ahmadi i Rahimi, 2011.). Bolesti koje najčešće uzrokuju smetnje u formaciji jaja i/ili ljuske su: infektivni bronhitis, Newcastleska bolest, zarazni laringotraheitis, sindrom pada nesivosti, ptičja gripa, avijarni encefalomijelitis, *Mycoplasma gallisepticum* i dr. Svaki patogen koji raste u tkivu reproduktivnog trakta može uzrokovati probleme pri formaciji ljuske. Pokazalo se da infektivni bronhitis uzrokuje blijeda jaja, a ponekad i naboranu ljusku (Charlton i sur., 2000.).

2.2.3. Unutrašnja kvaliteta jaja

Unutrašnjost jajeta sastoji se od bjelanjka (albumena) i žumanjka. Bjelanjak većinom čine voda (do 85%) i proteini (10-12%). Žumanjak se sastoji od otprilike 22% lipida i 10 mg karotenoida/kg jajčane mase. Od masnih kiselina dominiraju oleinska (C18:1) s udjelom od otprilike 40 do 50%, zatim palmitinska kiselina (16:0) s udjelom 20-30% te linolna (C18:2) koja sudjeluje s približno 15% (Cherian i sur., 2002.). Svježe jaje dobre kvalitete ne bi trebalo sadržavati unutrašnje nečistoće poput krvavih mrlja, pigmentacijskih mrlja i mesnih točkica.

Jedan od parametara koji određuje unutrašnju kvalitetu cjelokupnog jaja je kvaliteta žumanjka, a njegova se kvaliteta mjeri bojom žumanjka i snagom vitelinske membrane. Vitelinska membrana je tanka opna koja okružuje žumanjak. Ako je slaba, žumanjak će lakše puknuti i razliti se. Mjerenje boje žumanjka u svrhu određivanja kvalitete jaja je vrlo pristrano budući da je određeno preferencijom potrošača – pojedini dijelovi Svijeta preferiraju žumanjak tamnije boje, a ostatak preferira svijetlije. Kako bi se što više približili potrošačima i ispunili njihove zahtjeve, proizvođači mogu u hranidbu nesilica dodati pigmente sintetskog ili prirodnog podrijetla koji će potom obojati žumanjak u poželjnu nijansu.

2.2.4. Kvaliteta bjelanjka

Prema Johnsonu i sur. (2000.), bjelanjak sadrži otprilike 12% proteina, a najznačajniji su ovalbumin (54%), ovo-transferin (13%), ovomukoid (11%), α- i β-ovomucin (1,5 – 3%) te lizozim (3,5%). Svi navedeni proteini osim lizozima spadaju u skupinu glikoproteina. Poznato je da se u bjelanjku nalazi još mnogo proteina manjeg značaja, ali tek je nekolicina identificirana. Kako je već napomenuto, bjelanjak se sastoji od halazifernog, unutrašnjeg rijetkog, srednjeg gustog i vanjskog rijetkog sloja. Visina bjelanjka i Haughove jedinice (slika 2.2.4.1.) mjere viskoznost srednjeg gustog sloja. Kvaliteta bjelanjka se obično mjeri njegovom visinom i to u točki koja je udaljena 1 cm od ruba žumanjka. Ta se visina prevodi u Haughove jedinice (HU). Haughove jedinice se koriste i za određivanje svježine bjelanjka i jajeta jer su, između ostalog, pod utjecajem načina i vremena skladištenja. Jednadžba za izračun Haughovih jedinica glasi:

$$HU = 100 \log (H + 7{,}57 – 1.7 * M^{0{,}37})$$

HU = Haughove jedinice
H = visina bjelanjka (mm)
M = masa jaja (g)

Uočeno je mnogo faktora koji utječu na Haughove jedinice: trajanje skladištenja jaja, temperatura, starost nesilice, soj hibrida ili pasmina, hranidba, bolesti, dodaci poput askorbinske kiseline i vitamina E, umjetno (prisilno) izlaganje amonijaku, inducirano (prisilno) mitarenje, lijekovi... (Leeson i Caston, 1997.) Smatra se da su ti faktori u interakciji te tako utječu na visinu bjelanjka i Haughove jedinice (Benton i Brake, 2000.). Osim Haughovih jedinica i visine bjelanjka, njegova se kvaliteta može izmjeriti i izraziti pomoću sljedeće formule:

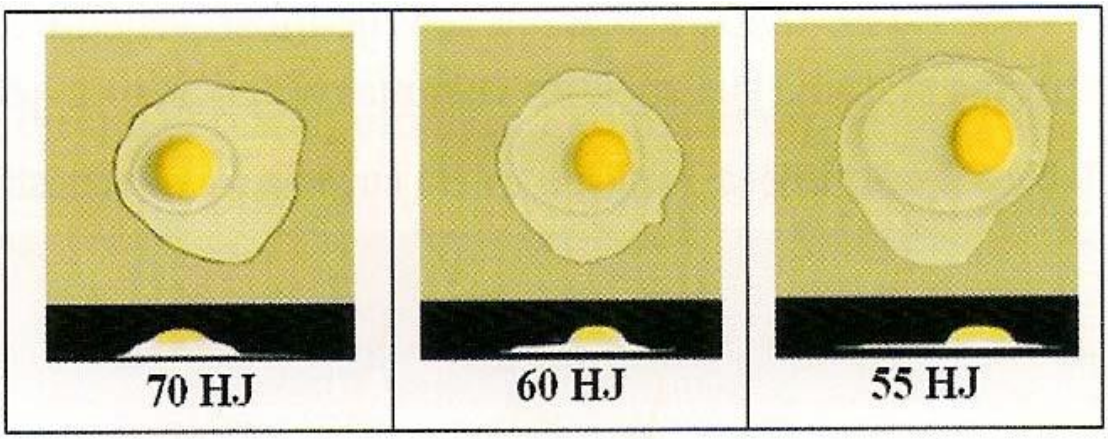
$$IB = \text{visina} / \text{promjer} * 1000$$

IB = indeks bjelanjka (‰)

Visina bjelanjka se mjeri pomoću tripodnog mikrometra, a promjer sa šestarom ili pomičnom mjerkom. Normalne vrijednosti iznose 65-80 ‰, a sa starenjem se smanjuje. Starenjem jaje gubi ugljikov dioksid (CO_2) kroz ljusku čime bjelanjak postaje alkalan uzrokujući pojavu transparentnosti i povećanja njegove vodenosti (Benton i Brake, 2000.). Povećanjem temperature se ugljikov dioksid brže troši stoga i kvaliteta bjelanjka pada brže. Jaja skladištenja na sobnoj temperaturi pri relativnoj vlažnosti zraka manjoj od 70% će u roku od nekoliko dana (od dana skladištenja) izgubiti 10-15 HU. Do 35. dana će ta jaja izgubiti do 30 HU (Okeudo i sur., 2003.). Skladištenjem jaja pri temperaturi od 7 do 13 °C i relativnoj vlažnosti

zraka od 50 do 60% će se usporiti degeneracija bjelanjka te će ono dulje sačuvati svojstva svježine (Natalie, 2009.). Prema Okeudu i sur. (2003.), prekrivanjem ljuske jaja tankim sojem ulja može se usporiti gubitak CO_2 te tako održati dulje svježinu, no treba naglasiti da ova metoda nije zamjena za skladištenje uporabom niskih temperatura.

Jaja bi pri dolasku do potrošača trebala iznositi minimalno 60 HU (slika 2.2.4.1.) što zadovoljava minimalnu prihvatljivu konzistenciju bjelanjka. Većina jaja koja odlaze od farme na pakiranje bi trebala iznositi 75-80 HU (Doyon i sur., 1986.). Konzistencija bjelanjka je pod utjecajem hranidbe, kontaminata i bolesti.



Slika 2.2.4.1. Kvaliteta jaja prema Haughovim jedinicama

Izmijenjeno prema slici iz dokumenta Illinois Standards for Shelled Eggs & General Information https://www2.illinois.gov/sites/agr/Consumers/EggInspection/Documents/generalstandardsforeggs.pdf - pristupljeno 23.6.2012.

Utjecaj hranidbe na kvalitetu bjelanjka je varijabilan. Hammershoj i Kjaer (1999.) navode da kvaliteta bjelanjka opada s povećanjem koncentracije proteina i aminokiselina u krmnoj smjesi. Nasuprot tome, prema Balnave i sur. (2000.), kvaliteta se povećava dodatkom lizina, dodatkom askorbinske kiseline i vitamina E, osobito kod stresa izazvanog povišenim temperaturama (Franchini i sur., 2002.). Probavom sirovog ulja prilikom hranjenja nesilica, smanjen je broj HU bjelanjaka.

Infektivni bronhitis se pokazao kao bolest koja najviše utječe na kvalitetu bjelanjka, te je kod zaraženih ptica varijabilnost bjelanjka povećana. Postoje dokazi koji upućuju da infektivni bronhitis ometa sintezu proteina albumena u magnumu jajovoda nesilice te da je ta bolest povezana s histološkim promjenama na epitelu magnuma (Butler i sur., 1972.).

2.2.5. Kvaliteta žumanjka

Kvaliteta žumanjka je određena njegovom bojom, teksturom, čvrstoćom i mirisom. Ključnu ulogu u određivanju kvalitete igra njegova boja jer ona određuje je li jaje potrošaču prihvatljivo ili ne.

Primarni pigment koji daje boju žumanjku je ksantofil. To je biljni pigment te je sastojak krmne smjese kojom se hrane nesilice. Moguće je manipulirati i utjecati na boju žumanjka u svrhu ispunjavanja zahtjeva potrošača tako što se u krmu smjesu mogu dodati različiti pigmenti prirodnog ili sintetskog porijekla. Tom metodom je moguće ostvariti prednost na tržištu prilikom plasiranja jaja. Ipak, uzevši u obzir lakoću kojom se može utjecati na boju žumanjka, treba imati na umu da je vjerojatnost pojave neželjene obojanosti ili diskoloracija povećana. Primjer toga je, prema Silversides i sur. (2006.), inkluzijom pigmenata u količinama višim od preporučenih ili pri krivom omjeru, može doći do narančaste obojanosti žumanjka. S druge strane, blijedi žumanjak je također nepoželjan u većini kultura, a do te pojave može doći utjecajem bilo kojeg faktora koji sprječava apsorpciju pigmenata iz krmne smjese ili njihovo taloženje u žumanjak. Mogući faktori su: 1. bilo koji faktor koji utječe na funkcije jetre, metabolizam lipida i odlaganje pigmenta u žumanjak, npr. mikotoksini uzrokovani aflatoksinom B1 (Zaghini i sur., 2005.); 2. kokcidioza, iako je to rijedak slučaj u odraslih kokoši nesilica (Ahmadi i Rahimi, 2011.).

Neke od neželjenih pojava koje utječu na smanjenu kvalitetu žumanjka su pucanje vitelinske membrane i pojava točaka na površini žumanjka. Važan parametar svježine i kvalitete je čvrstoća žumanjka, a ona je određena jačinom vitelinske membrane koja obavija žumanjak. Dobar žumanjak je loptast i čvrst, a dugotrajnim skladištenjem dolazi do njegova razvodnjavanja i gubljenja loptastog oblika usred degeneracije vitelinske membrane. Do miješanja bjelanjka i žumanjka može doći i utjecajem drugih faktora koji povećavaju permeabilnost vitelinske membrane i uzrokuju njeno pucanje, npr. uporabom kokcidiostatika, antihelmintika, određenih antioksidansa i tanina. Tada dolazi do pojave karakterističnog žumanjka koji ima blijede točke i primjese koje variraju u boji, veličini i obliku (eng. motted yolk). Na tu pojavu utječu i uvjeti skladištenja poput vremena i temperature. Okeudo i sur. (2003.) iznose činjenicu da povišenjem unutarnje temperature jajeta iznad 7 °C dolazi do brže razgradnje vitelinske membrane i gustog dijela bjelanjka.

Tekstura žumanjka ne bi smjela biti gumenasta. Gumenasti žumanjak može biti znak da je jaje bilo izloženo vrlo niskim temperaturama i smrzavanju. Osim toga, na teksturu mogu utjecati konzumacija sirovog ulja sjemenki pamuka ili konzumacija sjemenki nekih trava i korova (Ahmadi i Rahimi, 2011.).

Točke prisutne na žumanjku se dijele na krvave i mesne. Krvave točke mogu varirati od neprimjetnih točkica na površini žumanjka do teške kontaminacije koja zahvaća cijeli žumanjak, a ponekad se mogu raširiti i na bjelanjak. Krvave mrlje su rezultat puknuća malih krvnih žila u jajniku prilikom puštanja žumanjka u jajovod. Vitamin K igra važnu ulogu u zgrušavanju krvi stoga njegova deficijencija u tijelu nesilice može povećati pojavu krvavih mrlja. Osim deficijencije vitamina K, njihovu pojavu mogu prouzročiti avijarni encefalomijelitis i mikotoksini koji smanjuju apsorpciju istog vitamina. Pojava krvavih mrlja se povećava sa starošću ptice, a neka istraživanja upućuju da su mrlje češće kod smeđih nesilica (Abdullah i sur., 2003.).

Mesne mrlje se obično pojavljuju u bjelanjku iako se mogu pojaviti i na žumanjku. Te se točke obično sastoje od malih komadića epitelnog tkiva nesilice, no ponekad se mogu sastojati od djelomično raspadnutih krvavih mrlja i pigmenata (Abdullah i sur., 2003.).

2.3. Slobodni uzgoj

Slobodni ili free range uzgoj je alternativan način držanja peradi. Jaja iz slobodnog uzgoja podrazumijevaju jaja od kokoši nesilica koje tijekom dana slobodno borave na ispustu na kojem nalaze dodatni izvor hranjivih tvari. Za svaku je nesilicu potrebno osigurati 4 m^2 ispusta. Kod sustava uzgoja pri kojem kokoši nesilice imaju uređen ispust mora biti osigurano više otvora za neposredan izlazak na ispust, visokih najmanje 35 cm i širokih najmanje 40 cm te razmještenih po cijeloj dužini objekta (NN 77/10). 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, pojilice uzduž ispusta. Gustoća naseljenosti u objektu ne smije biti veća od devet kokoši nesilica po m^2 korisne površine ako se drže na podu (NN 77/10).

Kako bi se spriječilo kljucanje perja i kanibalizam dopušteno je skraćivanje kljunova, ali pod uvjetom da to izvede osposobljena osoba i to samo na pilićima mlađim od 10 dana koji su namijenjeni za proizvodnju jaja (NN 77/10).

2.3.1. Obilježja slobodnog uzgoja

U Pravilniku o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica (NN 77/10) propisano je da mora se pratiti 24-satni ritam osvjetljenja koji uključuje primjereno neprekinuto razdoblje mraka u trajanju oko osam sati tako da se kokoši mogu odmoriti, a prečke i gnijezda su obavezna. Pod peradnjaka mora imati barem jednu trećinu prekrivenu steljom u obliku slame, piljevine, pijeska ili treseta. Prostor ispusta većinski mora biti prekriven vegetacijom. Hranidba kokoši nesilica mora biti uravnotežena, a krmiva formulirana tako da ispune sve nutricionističke zahtjeve potrebne za održanje životnih i fizikalnih funkcija, dobre proizvodne kondicije te da daju komponente nužne za proizvodnju ljuske jajeta, albumena, žutanjka i ovulaciju. Hranidba nesilica se sastoji od davanja unaprijed gotovih premiksa pomiješanih sa zrnjem žitarica te ispaše na zatravljenom ispustu koja služi kao dodatan izvor nutrijenata (Hammershøj 2011.). Premiksi su koncentrati koji se sastoje od hranjivih proteina, minerala i vitamina. Balansirana hranidba je od izuzetne važnosti jer je manjak esencijalnih hranjivih tvari povezan s kanibalizmom i kljucanjem perja. Osim kod nepravilne hranidbe, kljucanje perja je primijećeno kod kokoši na ispustu, a koje su prvotno uzgajane u kaveznom načinu pa su, ulaskom u prilagodnu fazu prije proneska, premještene u slobodni način držanja (Kjaer i Sørensen 2002.). Zabilježen je i dvostruko veći mortalitet u odnosu na kavezno držanje: kod kaveznog držanja je iznosio 4%, a kod slobodnog čak 8%, a taj porast je objašnjen izloženošću

nesilica predatorima i divljim pticama koje su prenositelji bolesti, i naposlijetku, nesilice na ispustu nemaju barijere kao kavezno držanje koje bi spriječile pojavu kljucanja perja i kanibalizma (Hammershøj 2011. prema Danish Poultry Council 1998.) Ipak, kod posljednjeg objašnjena treba napomenuti da je povećana pojava kljucana perja zabilježena samo kod nesilica koje su u tom trenutku boravile u unutrašnjosti peradnjaka, a kod onih koje su boravile na ispustu je zamijećeno znatno smanjenje kljucanja čak i u odnosu na kavezno držanje (Hammershøj 2011. prema Shimmura i sur. 2008.). Moguće objašnjenje za takvo ponašanje jest da boravak na ispustu omogućuje pticama ispoljavanje prirodnih nagona i ponašanja poput čeprkanja, prpošenja u zemlji, mahanja krilima te mogućnošću za prirodnom interakcijom među jedinkama bez osjećaja prenapučenosti.

Jedan od izazova u proizvodnji jaja iz slobodnog uzgoja je i pronalazak odgovarajućeg genotipa nesilica. Proizvodnja jaja u konvencionalnim kavezima (većinskom načinu proizvodnje jaja prije njihove zabrane) je zahtijevala lake genotipove koji će imati malu masu tijela u svrhu što manjeg utroška energije ptice na razvoj te usmjeravanje iste na povećanje proizvodnje. Rezultat toga je dominacija lakih genotipova u proizvodnji jaja poput bijelog leghorna. Kod takvih je nesilica, prilikom njihove introdukcije slobodnom uzgoju, uočena značajna stopa kljucanja perja i kanibalizma te raznih zdravstvenih problema. Uporaba genotipova poput New Hampshire nesilica se pokazala boljom po pitanju dobrobiti životinja budući da je taj genotip manje sklon ispoljavanju negativnog ponašanja, no po pitanju proizvodnje daje znatno lošije rezultate od ranije spomenutih nesilica koje su visoko selekcionirane na proizvodnju. Istraživanja Kjaera i sur. (2001.) te Kjaera i Sørensena (2002.) upućuju na pozitivnu korelaciju između kljucanja perja i proizvodnje jaja, što ukazuje na to da će se kontinuiranom selekcijom nesilica na visoku proizvodnju one neizbježno selekcionirati i na povećano kljucanje perja ako se nalaze u okruženju koje promovira i stimulira nagon za kljucanjem. Miao i sur. (2005.) i Wathes (1981.) su u svojim istraživanjima potvrdili da nesilice iz slobodnog uzgoja imaju manju proizvodnju jaja, slabiju konverziju hrane i veći mortalitet u odnosu na nesilice držane u baterijskim kavezima i na podnom načinu držanja.

Budući da nesilice u slobodnom uzgoju imaju pristup vanjskom ispustu, potrebno im je više energije za termoregulaciju, fizičke aktivnosti poput trčanja, čeprkanja i istraživanja stoga su i potrebe za unosom energije veće. To se može postići povećanjem konzumacije hrane ili davanjem koncentrata koji po sastavu sadrže sastojke obilnije energijom. Neovisno kojim se načinom pristupi hranidbi, konverzija hrane se dodatkom energije također povećava. Hammershøj i Steenfeldt (2005.) navode da nesilice unose znatnu količinu hrane (paše) pronađene tijekom boravka na ispustu, čak do 120 g po nesilici na dan stoga se smatra da pašna hranidba može sačinjavati više od 50% dnevnog unosa hrane nesilice. Točan postotak ovisi o tipu i vrsti vegetacije tj. o sadržaju hranjivih vlakana. Hammershøj (2011.) je u svom istraživanju naveo podatak dobiven ranijim istraživanjima u kojima je zabilježeno da konzumacija silaže lucerne podiže postotak gotovih obroka na >50% u usporedbi s konzumacijom ispaše u ukupnom dnevnom obroku. Stoga je navedeno dobar način restrikcije (ograničenja) konzumacije vegetacije s ispusta ukoliko se smatra da je dosadašnja hranidba nesilica bila nedostatna u nutritivnom pogledu. Blair (2008.) navodi kako konzumacija ispaše

može smanjiti konzumaciju gotovih obroka do 20%. U van Krimpenovu (2009.) istraživanju utvrđeno je smanjeno kljucanje perja ukoliko se prilikom uzgoja pilenki koje će se koristiti za proizvodnju jaja poveća količina ne-škrobnih polisaharida poput vlakana. Uočena je znatno manja količina oštećenog perja pri 49. tjednu starosti nesilica, a to se pripisuje naučenosti nesilica na konzumaciju vlakana, a ne perja kao supstrata hranjivih tvari.

2.3.2. Kvaliteta ljuske jaja nesilica iz slobodnog uzgoja

Makrominerali kalcij (Ca) i fosfor (P) su esencijalni kokošima nesilicama za formiranje i održavanje skeleta te proizvodnju ljuske jajeta. Deficijencija jednog od ta dva elementa u hranidbi peradi ograničava uporabu drugog u organizmu budući da su usko povezani. Kod nesilica je potreban udio 12-13:1 u težini u korist kalcija. Izvori kalcija su mljeveni vapnenac, ljuske kamenica i dikalcijev fosfat ($CaHPO_4$) (Blair 2008.).

Istraživanja ukazuju na to da su ljuske jaja dobivene od kokoši u slobodnom uzgoju češće prljave u usporedbi s onima iz podnog ili kaveznog držanja (Ferrante i sur. 2009.), zbog povećanog nesenja jaja na zemlju ispusta. Nadalje, pri podnom načinu držanja je zabilježen veći broj napuknutih i razbijenih jaja u odnosu na slobodni uzgoj uz objašnjenje da je moguć utjecaj manje napučenosti i deblje ljuske jaja kod slobodnog uzgoja.

Nesilice držane u proizvodnom sustavu s mogućnošću ispusta imaju više fizičke aktivnosti (Miao i sur. 2005.), što daje veću čvrstoću njihovim kostima, a može i rezultirati boljom resorpcijom kalcija iz kostiju prilikom sinteze ljuske jaja (Hammershøj 2011.). Botheras i sur. (2006.) napominju da prečke koje služe za obogaćenje kvalitete života nesilica mogu uzrokovati ozlijede i lomove kostiju ukoliko kokoši probaju sletjeti na njih no promaše, što se posebno odražava na oštećenja prsne kosti.

2.3.3. Faktori koji utječu na senzornu kvalitetu jaja

Parrott (2004.) je u svom istraživanju naveo da manji broj potrošača (5%) u Ujedinjenom Kraljevstvu vjeruje kako sva jaja imaju isti okus te da način držanja nema utjecaja, dok više od 50% potrošača smatra da postoji razlika u okusima, a 35% ispitanika smatra da je okus jaja bio najočitija značajka koja razlikuje jaja iz slobodnog uzgoja od onih iz kaveznog držanja.

Sastojci koji se nalaze u krmnim smjesama utječu na senzorska svojstva jaja. Izniman negativan utjecaj imaju riblje ulje, riblje brašno i uljana repica. Konzumacijom golog zobenog zrnja pojačava se intenzitet okusa jaja. Neka istraživanja navode da se dodatkom aromatičnog bilja poput timjana (*Thymus vulgaris* L.), pitomog bosiljka (*Ocimum basilicum* L.), češnjaka (*Allium sativum* L.), običnog komorača (F*oeniculum vulgare* Mill.) i mažurana (*Origanum majorana* L.) u hranidbu nesilica mogu postići pozitivne izmjene na senzoriku jaja, dajući im začinjen i aromatičan okus.

Mizumoto i sur. (2008.) navode da je vrlo malo istraživanja napravljeno u svrhu usporedbe senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja i jaja iz podnog ili kaveznog uzgoja te da, generalno gledano, nema razlike među njima. Ipak, Hammershøj i Steenfeldt (2009.) smatraju da je moguće utjecati na senzorska svojstva jaja iz slobodnog uzgoja kroz konzumaciju vegetacije na ispustu. Tako su utvrdili znatan pozitivan utjecaj silaže lucerne na boju žumanjka, čvrstoću bjelanjka te smanjen „nečisti" okus bjelanjka u odnosu na dopunsku hranidbu silažom kukuruza (Hammershøj i Steenfeldt 2009.). Isti su znanstvenici ustanovili da su jaja nesilica hranjena svježim keljem (*Brassica oleracea* ssp. *acephala*) kao dopunskim pašnim obrokom imala znatno smanjenu aromu sumpora, vodnjikav okus bjelanjka te znatno istančaniji „biljni" okus ili okus po sjetvenoj grbici/kres salati (*Lepidium sativum* L.) žumanjka, a utječe i na njegovu boju. U istom je istraživanju zapažen rezultat povezan s genotipom nesilica; imao je utjecaj na senzornu kvalitetu ocjenjivanih jaja. Tako su, na primjer, jaja nesilica New Hampshire genotipa postigla znatno veću ocjenu na negativne atribute poput sumporastog okusa bjelanjka te prljavog okusa žumanjka, a znatno niske ocjene su postigle na pozitivne atribute, poput cjelokupnog okusa po kres salati, koja inače daje ljutkast okus sličan gorušici, svježeg i slatkastog okusa žumanjka. Ta su jaja postigla niske ocjene i za neutralne atribute poput teksture bjelanjka, a sve to u odnosu na jaja dobivena od nesilica genotipa Lohman Silver. Ovim istraživanjem se ne može točno zaključiti jesu li zapažena senzorska svojstva direktno povezana s proizvodnim razlikama ovih dvaju genotipova ili su rezultat drugih indirektnih razlika i utjecaja.

2.3.4. Boja žumanjka i karotenoidi

Hammesrhøj i sur. (2010.) navode kako je boja žumanjka pod utjecajem količine karotenoida u obroku, a ksantofilni izomeri, lutein i zeaksantin imaju posebno visoku efektivnost odlaganja (DE; eng. deposition efficencies), otprilike 20-27% u usporedbi s α- i β-karotenima kojima je efektivnost odlaganja <1%. Lutein i zeaksantin su se ispostavili kao važni za ljudsko zdravlje zbog njihovih antioksidativnih svojstava koja pomažu u borbi protiv degeneracije mišića uzrokovane starenjem (Granado i sur., 2003).

Budući da nesilice u slobodnom uzgoju imaju pristup otvorenom zatravljenom prostoru koji obiluje raznom vegetacijom i daje mogućnost ispaše, dostupnost karotenoida je vrlo velika u odnosu na konvencionalne načine držanja. Dopunska hrana poput ljubičaste mrkve, silaže lucerne i kelja imaju znatan utjecaj na crvenoću (a*) žumanjka analiziranu tristimulusnom laboratorijskom skalom reflektirajuće svijetlosti (L*), crvenoće (a*) i žutoće (b*) (Hammershøj i sur. 2010.; Hammershøj i Steenfeldt 2009.). *Ad libitum* hranidba nesilica keljem (~120 g/nesilici/dan) se pokazala kao izvrsna metoda u podizanju crvenoće žumanjka za 4 jedinice po a*-skali, a i u trostrukom porastu sadržaja luteina s otprilike 2.2 na 6.2 mg/100 g žumanjka. Analizom tog kelja utvrđena je znatna koncentracija luteina, β-karotena i violaksantina (de Azevedo i Rodriguez Amaya 2005.). Violaksantin je narančasti karotenoid te je pronađen u

žumanjku u količini od otprilike 150 µg/100 g kod nesilica koje su hranjene keljom. Može se zaključiti da je prisutnost violaksantina također povećala crvenoću žumanjka.

3. Materijali i metode

U istraživanju su korištena jaja iz slobodnog uzgoja od šest (6) obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava koji djeluju kao kooperanti tvrtke Agro-klaster d.o.o. iz Vinkovaca. Jaja su transportirana i čuvana na hladnom i tamnom mjestu temperature od 6 do 8°C do provedbe fizikalnih i senzorskih analiza. Analiza fizikalnih svojstava 15 jaja od svakog proizvođača određena je pomoću analizatora jaja Digital Egg Tester (Nabel, Japan, model: DET6000) s kojim je određena: masa jaja, boja žutanjka, Hough-ove jedinice, svježina jaja, čvrstoća i debljina ljuske. Masa ljuske i žumanjka izmjerene su vagom točnosti očitanja 0,01 g, a masa bjelanjka je izračunata kao razlika do mase cijelog jaja. Potom je izračunat udio ljuske, žumanjka i bjelanjka. Visina i širina jaja mjerena su pomičnom mjerkom.

U senzorskoj analizi sudjelovalo je 15 prethodno educiranih ocjenjivača, starosti od 22 do 51 godine, s podjednakim odnosom muških i ženskih ocjenjivača (47% : 53%). Pored jaja iz slobodnog uzgoja iz Agro-klastera d.o.o. označena kao tretman A, za potrebe senzorske analize i usporedbe jaja dodatno su u maloprodaji nabavljena jaja iz slobodnog uzgoja označena kao tretman B. Neposredno prije senzorske analize jaja su stavljena u hladnu vodu, zagrijavana do vrenja vode i potom kuhana 10 minuta. Nakon kuhanja jaja su ohlađena na cca 60 °C potapanjem u hladnu vodu, očišćena od ljuske i čuvana na temperaturi 50 °C do konzumacije. Prije serviranja jaja su prerezana na četvrtine koje su činile pojedinačni uzorak. Uzorci jaja su servirani u papirnatim bijelim košaricama označenima troznamenkastom šifrom. Upotrjebljene su dvije metode senzorske analize: jednostavni test razlika sa skalom sigurnosti i hedonistički test.

U provedbi jednostavnog testa razlika, ocjenjivačima su u svakom nizu bila ponuđena dva uzorka, a ocjenjivači su nakon kušanja oba uzorka trebali iskazati na skali koliko su sigurni da su uzorci isti ili različiti. Pritom je korištena skala sa šest mogućnosti odabira (sigurno isti, isti, nesigurno isti, nesigurno različiti, različiti, sigurno različiti), a ocjenjivači su morali napraviti izbor. Svakom ocjenjivaču su servirana četiri niza sa slučajno raspoređenim kombinacijama (tretman A-tretman A, tretman A-tretman B, tretman B-tretman A, tretman B-tretman B). Ocjenjivači su bili upućeni u konzumaciju vode i kruha za neutralizaciju usta nakon svakog niza.

U provedbi hedonističkog testa, ocjenjivačima su bila ponuđena dva različita uzorka kuhanih jaja iz oba tretmana, označena troznamenkastim šiframa i prezentirana slučajnim rasporedom. Ocjenjivači su trebali na skali od 1 do 9 označiti dopadljivost boje žumanjka, mirisa, okusa i teksture uzorka jaja gdje je 1 označavalo izraženo slabu dopadljivost, a 9 izraženo veliku dopadljivost. Ocjenjivači su bili upućeni u konzumaciju vode i kruha za neutralizaciju usta nakon svakog uzorka.

Statistička obrada podataka provedena je pomoću programa SAS Studio (SAS Institute Inc., SAD; verzija 3.8) primjenom procedura PROC MEANS za izračun opisne statistike i PROC MIXED s Tukey post-hoc testom za usporedbu senzorskih svojstava jaja tretmana A i B s ocjenjivačem kao slučajnim utjecajem pri razini značajnosti p=0,05. Grafičke prezentacije pripremljene su u programu Microsoft Excel.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Fizikalna svojstva jaja

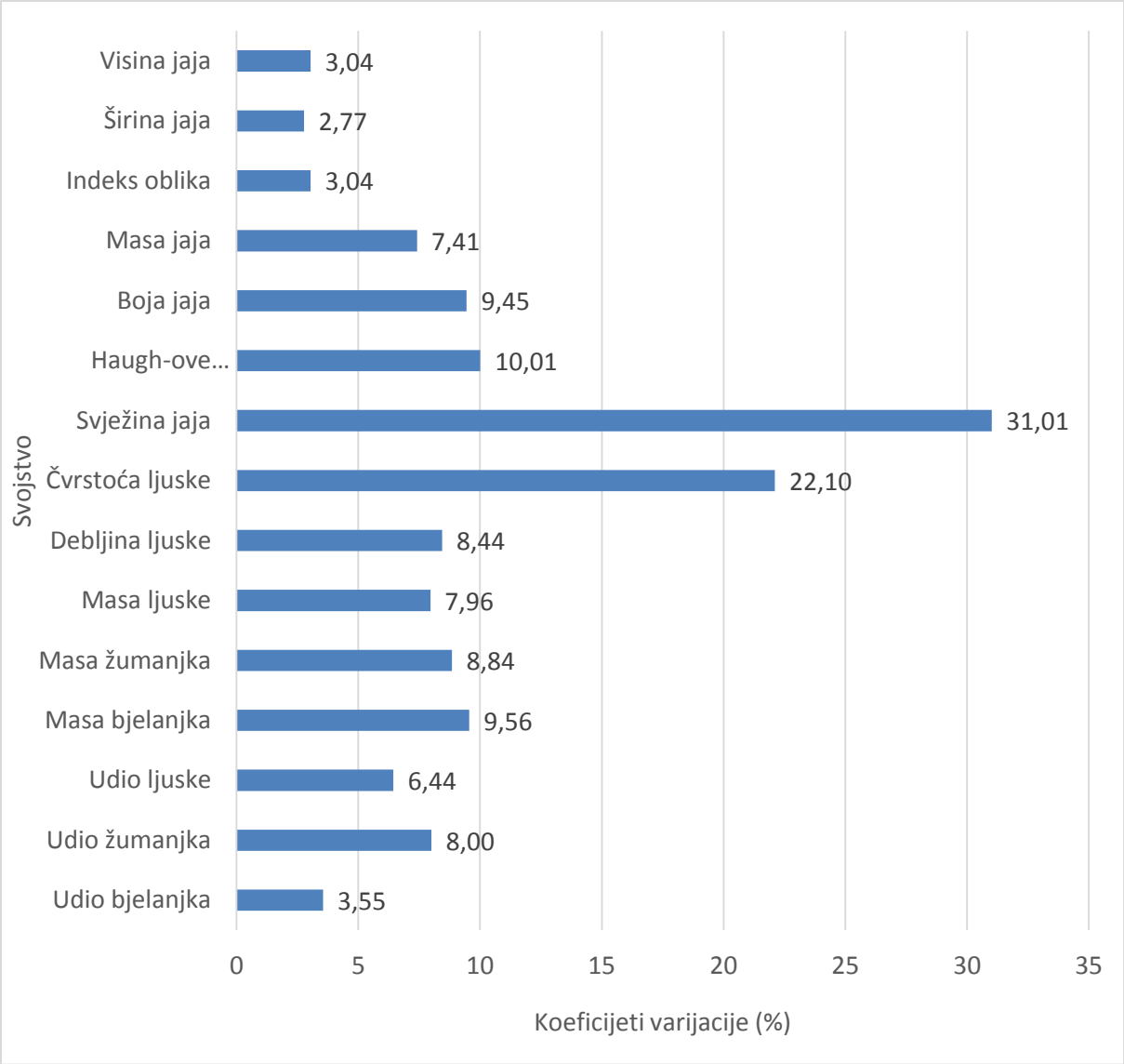
U tablici 4.1.1. prikazana su izmjerena fizikalna svojstva jaja iz slobodnog uzgoja dobivena korištenjem uređaja Digital Egg Tester DET6000. Provedena su mjerenja visine i širine jaja, indeksa oblika, mase jaja, boje, Haughove jedinice, svježine, čvrstoće ljuske te njena debljina i masa, mase žumanjka i bjelanjka te udjela ljuske žumanjka i bjelanjka u jajetu.

Tablica 4.1.1. Opisna statistika fizikalnih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava

Svojstvo	Prosjek	Najmanja vrijednost	Najveća vrijednost	Standardna devijacija	Standardna greška
Visina jaja, mm	55,77	51,94	61,21	1,64	0,13
Širina jaja, mm	44,01	41,74	47,43	1,22	0,13
Indeks oblika	78,96	72,47	84,79	2,40	0,26
Masa jaja, g	60,21	52,50	72,00	4,46	0,48
Boja jaja	11,51	9,00	14,00	1,09	0,12
Haugh-ove jedinice	82,35	58,30	104,20	8,24	0,88
Svježina jaja	1,01	1,00	3,00	0,34	0,04
Čvrstoća ljuske	5,15	1,85	7,34	1,14	0,12
Debljina ljuske, mm	0,39	0,29	0,46	0,03	0,00
Masa ljuske, g	7,72	6,13	9,39	0,62	0,07
Masa žumanjka, g	14,99	12,31	17,84	1,33	0,14
Masa bjelanjka, g	37,49	30,01	49,81	3,58	0,38
Udio ljuske, %	12,85	10,87	15,18	0,83	0,09
Udio žumanjka, %	24,96	19,04	30,10	1,99	0,21
Udio bjelanjka, %	62,19	55,94	69,18	2,21	0,24

Iz tablice 4.1.1. je vidljivo da je prosječno visina iznosila 55,77 mm dok su jaja iz slobodnog uzgoja u istraživanju Ivankovića i sur. (2018.) bila prosječne visine 57,07 mm iz čega se može zaključiti da su jaja korištena u ovom istraživanju neznatno manja. Ivanković i sur. (2018.) navode kako je prosječna širina jaja iz slobodnog uzgoja iznosila 42,94 mm dok je prosjek jaja u ovom istraživanju iznosio 44,01 mm što ih čini širim u ovoj usporedbi podataka. Posljedično tome, i indeks oblika (IO) se razlikuje: jaja prikupljena za ovo istraživanje imaju prosječan IO 78,96% u usporedbi s literaturnim navodima Ivankovića i sur. gdje prosjek IO iznosi 76,84% te Krawczyk i Gornowicz (2009.) s prosjekom IO 73,7%. Može se zaključiti da jaja iz ovog istraživanja imaju loptastiji oblik od jaja čiji su podaci objavljeni u literaturi. Prosječna masa jaja iz slobodnog uzgoja je iznosila 60,21 g što je neznatno više od podataka dobivenih u istraživanju Ivankovića i sur. (2018.) gdje je prosječna masa iznosila 59,35 g no u odnosu na podatke Krawczyk i Gornowicz (2009.) gdje je prosječna izmjerena masa jajeta 66,5 g razlika je vrlo primjetna. Uvidom u vrijednost Haughovih jedinica, koje u ovom istraživanju iznose 82,35, a u radu Krawczyk i Gornowicz (2009.) iznose 84,9 može se zaključiti kako su jaja bila zadovoljavajuće svježine prilikom mjerenja. Prosječna debljina ljuske je iznosila 0,39 mm dok je kod Ivankovića i sur. (2018.) iznosila znatno više – čak 0,44 mm, no kada se usporede podaci s prosječnom debljinom ljuske mjerenim na jajima Krawczyk i Gornowicz (2009.) gdje je ona iznosila 0,33 mm, može se zaključiti da jaja korištena u ovom istraživanju imaju ljusku srednje debljine. Prosječna masa ljuske je iznosila 7,72 g, kod Ivankovića i sur. (2018.) 7,04 g, a kod Krawczyk i Gornowicz (2009.) 6,30 g. Vidljivo je da ljuske jaja korištena u ovom istraživanju imaju najveću prosječnu masu iako nisu najveće prosječne debljine. Prosječna masa žumanjka jaja iznosila je 14,99 g što je neznatno manje u odnosu na prosjek dobiven kod Ivankovića i sur. (2018.) gdje je on iznosio 15,78 g. Ipak, prosječna masa bjelanjka (37,49 g) je veća od prosjeka kod Ivankovića i sur. (36,56 g). Izračunavajući odnose pojedinih komponenata u ukupnoj masi jajeta vidljivo je da najveći udio otpada na bjelanjak, čak 62,17%, slijedi ga udio žumanjka s 24,96% te, na kraju, najmanji udio ima ljuska jajeta s prosjekom od 12,85%. U usporedbi s podacima dobivenim u istraživanju Krawczyk i Gornowicz (2009.) uočljiva je znatna razlika u udjelu žumanjka i ljuske: prosječni udio žumanjka je iznosio 27,8 % što je znatno više u odnosu na podatke dobivene ovim istraživanjem, a udio ljuske je iznosio 9,88 % što je pak znatno manji postotak. Prosječni odnos bjelanjka i ukupnog jajeta je gotovo jednak u oba istraživanja (za Krawczyk i Gornowicz (2009.) je on iznosio 62,3%).

Treba imati na umu da uvjeti držanja nesilica u navedenim literaturnim izvorima vjerojatno nisu jednaki onima u kojima su boravile nesilice korištene za ovo istraživanje te da nije poznata starost ni opće stanje nesilica kao ni mnogi drugi faktori koji utječu na fizikalna svojstva jajeta stoga se razlike u prosjecima među rezultatima istraživanja ne mogu pripisati točnim čimbenicima niti objasniti. Osim vanjskih čimbenika, velik utjecaj na većinu spomenutih pokazatelja ima genetika, tj. hibrid kokoši koji je korišten u proizvodnji.



Grafikon 4.1.1. Grafički prikaz koeficijenata varijacije (%) pojedinih fizikalnih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava

U grafikonu 4.1.1. vidljivi su koeficijenti varijacije za svako mjereno fizikalno svojstvo jaja. Ti podaci omogućuju uvid u omjere vrijednosti standardne devijacije uzorka sa srednjom vrijednošću podataka u istom uzorku. Po dobivenim rezultatima može se zaključiti kako je varijabilnost širine jaja u korištenom uzorku najmanja sa samo 2,77% to jest da su jaja iz slobodnog uzgoja korištena u svrhu ovog istraživanja po svojstvu širine najuniformnija, a slijede ga svojstva visine jaja s 3,04%, indeksa oblika s 3,04% te udio bjelanjka u jajetu s 3,55%. Nasuprot tome, svježina jaja te njihova čvrstoća pokazuju značajan skok vrijednosti koeficijenta varijacije što ukazuje na najveću varijabilnost među jajima prilikom mjerenja navedenih svojstava. Svojstvo svježine je najvarijabilnije s koeficijentom od 31,01%, a slijedi ga čvrstoća ljuske s 22,1%.

4.2. Senzorna svojstva jaja

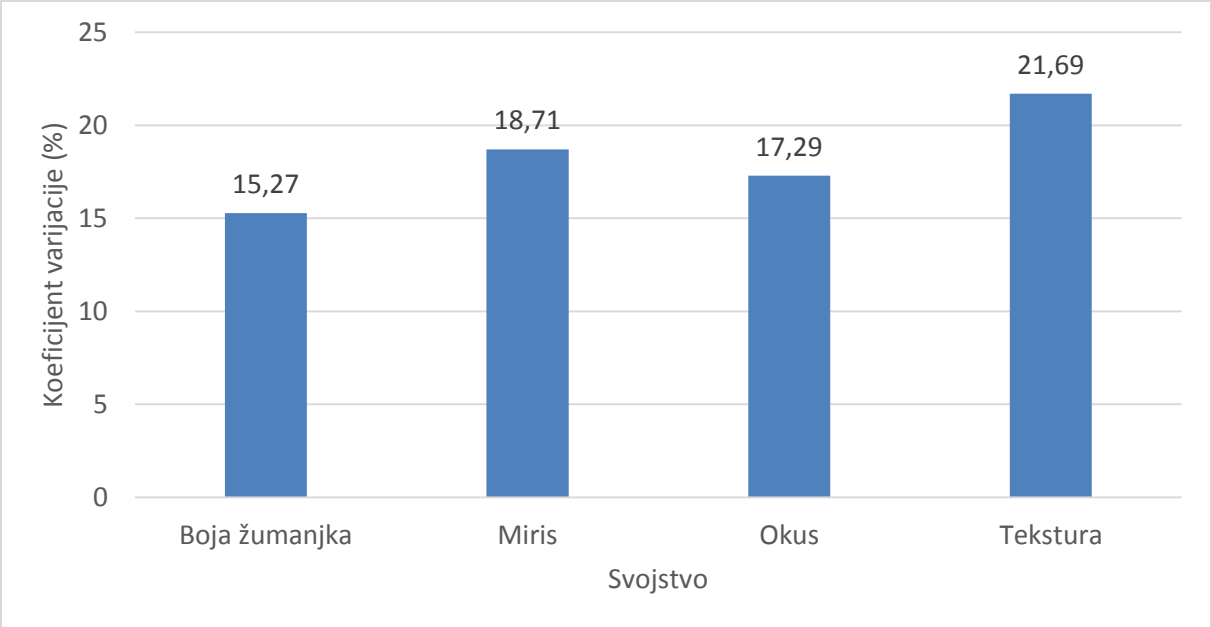
Senzorna svojstva omogućuju uvid u preferenciju potrošača te, ukoliko ta svojstva udovoljavaju preferencijama, omogućuju bolji plasman i reklamiranje proizvoda na tržištu. Od senzornih svojstava u ovom istraživanju ocjenjivala su se svojstva boje, mirisa, okusa i teksture korištenjem jednostavnog testa razlika i hedonističkog testa.

4.2.1. Hedonistički test

Tablica 4.2.2.1. Opisna statistika senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava

Svojstvo	Prosjek	Najmanja vrijednost	Najveća vrijednost	Medijan	Standardna devijacija	Standardna greška
Boja žumanjka	7,43	6	9	7	1,14	0,21
Miris	7,17	4	9	7,5	1,34	0,24
Okus	6,57	5	8	7	1,14	0,21
Tekstura	6,67	3	9	7	1,45	0,26

Prema podacima u tablici 4.2.2.1. vidljivo je da panelisti koji su sudjelovali u ocjenjivanju imaju različite preferencije u pojedinim senzorskim svojstvima. Uzmu li se prosjeci u obzir, svojstvo boje dobilo je ujednačene ocjene s prosjekom od 7,43 što se može iščitati i iz krajnjih ocjena koje su tom svojstvu pridodana: najmanja ocjena za dopadljivost boje bila je 6, a najviša je iznosila 9. Svojstvo mirisa drugo je po redu po dopadljivosti s prosjekom od 7,17 kod kojeg je, za razliku od svojstva boje, najmanja ocjena iznosila 4, a najveća je iznosila maksimalnih 9. Okus je svojstvo koje se najmanje svidjelo panelistima sudeći po prosjeku koji je iznosio 6,57, no gledajući prema ocjenama to svojstvo ipak zauzima jedan položaj više u odnosu na svojstvo teksture budući da je minimalna ocjena iznosila 5, a maksimalna 8. Prosjek svojstva teksture je iznosio 6,67 što je malo iznad prosjeka okusa, ali najmanja ocjena za teksturu je iznosila 3, a najveća 9 što je najviša ocjena koja se mogla dati.



Grafikon 4.2.2.1. Grafički prikaz koeficijenata varijacije (%) senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava

Prema grafikonu 4.2.2.1. vidljivo je da koeficijenti varijacije odgovaraju podacima navedenim u prethodno obrađenoj tablici. Sukladno tome, može se zaključiti da je svojstvo boje imalo najmanju varijabilnost prilikom ocjenjivanja s 15,27%, slijedi ga svojstvo okusa sa 17,29% zatim svojstvo mirisa s 18,71%, a najveća varijabilnost je zabilježena kod svojstva teksture gdje je izračunati koeficijent varijacije iznosio 21,69%.

U tablici 4.2.2.2. prikazani su podaci dobiveni hedonističkim testom provedenim na jajima iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava označeni kao tretman A i jajima iz slobodnog uzgoja nabavljena u maloprodaji označena u tablici kao tretman B. Prikazani podaci se odnose na prosjeke po svakom svojstvu te su im pridružene standardne greške koje također mogu poslužiti kao pokazatelj varijabilnosti.

Tablica 4.2.2.2. Statistička usporedba podataka hedonističkog testa jaja iz slobodnog uzgoja

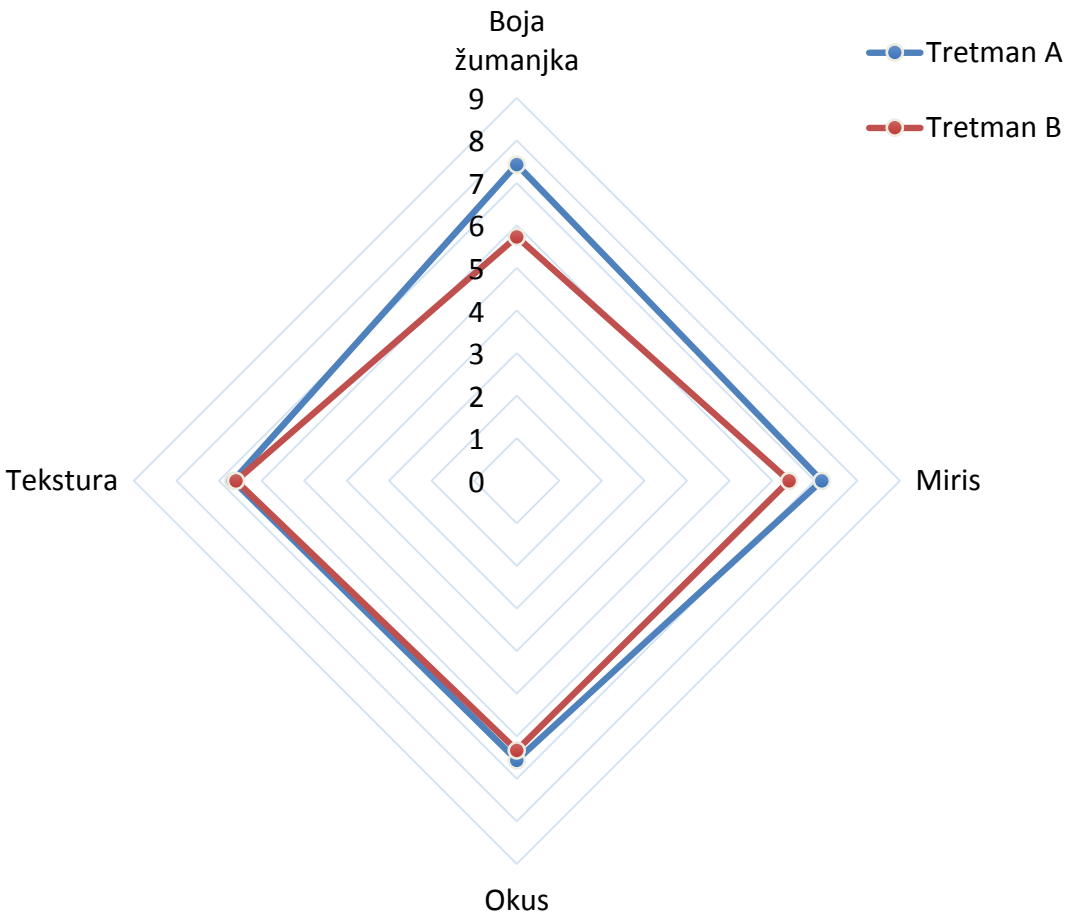
Svojstvo	Tretman[1]	
	A	B
Boja žumanjka	$7,43^{b} \pm 0,21$	$5,73^{a} \pm 0,35$
Miris	$7,17 \pm 0,25$	$6,40 \pm 0,32$
Okus	$6,67 \pm 0,21$	$6,33 \pm 0,43$
Tekstura	$6,67 \pm 0,26$	$6,60 \pm 0,26$

[1]A: jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava , B: jaja iz slobodnog uzgoja nabavljena u maloprodaji

[ab] prosjeci označeni različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Statističkom obradom je utvrđeno da se jaja iz slobodnog uzgoja iz tretmana A i B međusobno značajno razlikuju (P<0,05) samo u svojstvu boje žumanjka. Prosjek svojstva boje žumanjka tretmana A iznosio je 7,43, dok je kod tretmana B iznosio 5,73 uz razliku značajnosti P<0,05. Istraživanjem je utvrđeno da se boja žumanjka značajno razlikuje s obzirom na porijeklo jaja što je u skladu s istraživanjima autora Berkhoffa i sur. (2020.). U istraživanju navedenog autora se boja žumanjka jaja smeđe ljuske iz slobodnog uzgoja na obiteljskim gospodarstvima značajno više dopala panelistima s prosjekom od 8,02, u odnosu na free-range jaja iz industrijskih sistema čiji je prosjek iznosio 6.03. Može se zaključiti da su jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih gospodarstava primamljivije boje žumanjka u odnosu na jaja iz slobodnog uzgoja nabavljena u maloprodaji. Usporedbom svih drugih svojstava, jaja tretmana A i B se ne razlikuju statistički značajno, a Berkhoff i sur. (2020.) navode slične rezultate s iznimkom svojstva teksture. Svojstvo mirisa tretmana B iznosio je 6,40 dok je kod tretmana A iznosio 7,17. Iako razlika iznosi 0,717, ona nije bila statistički značajna (P>0,05). Prosjek svojstva okusa za jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih gospodarstava iznosio je 6,57, a prosjek za jaja iz maloprodaje je iznosio 6,33, a utvrđena razlika 0,24 nije bila statistički značajna (P>0,05). Svojstvo teksture je u oba tretmana gotovo jednakih prosjeka i stoga nije utvrđena statistički značajna razlika (P<0,05); kod jaja iz tretmana A prosjek je iznosio 6,67, a kod jaja iz tretmana B 6,60, dok je razlika prosjeka bila svega 0,07. Suprotno navedenom, Berkhoff i sur. (2020.) su zabilježili značajnu razliku pri ocjenjivanju dopadljivosti teksture: jaja s obiteljskih gospodarstava su postigla prosjek od 7,64 dok su jaja prikupljena s industrijskih sistema imala prosjek gotovo identičan ovom istraživanju te je iznosio 6,63. Pregledom prikupljenih rezultata ovog istraživanja i literaturnih navoda, vidljivo je da panelisti preferiraju jaja porijeklom s obiteljskih gospodarstava.

Grafikon 4.2.2.2. omogućava lakšu vizualizaciju prethodno objašnjenih rezultata: prikazuje dvije linije koje označuju jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih gospodarstava označena plavom bojom (tretman A) i jaja iz slobodnog uzgoja nabavljena u maloprodaji označena crvenom bojom (tretman B). Vidljivo je da se linije značajnije razilaze samo u svojstvu boje žumanjka koje se značajno razlikovalo između tretmana. Kod ostalih svojstava linije tretmana su vrlo blizu ili se preklapaju što ukazuje na izostanak značajne razlike između tretmana. Navedeno može upućivati na ujednačenost senzorskih svojstava jaja prikupljenih iz istih načina držanja osim svojstva boje žumanjka koje ukazuje na postojanje razlika u uvjetima držanja.



Grafikon 4.2.2.2. Prikaz prosjeka senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih gospodarstava (tretman A) i jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje (tretman B)

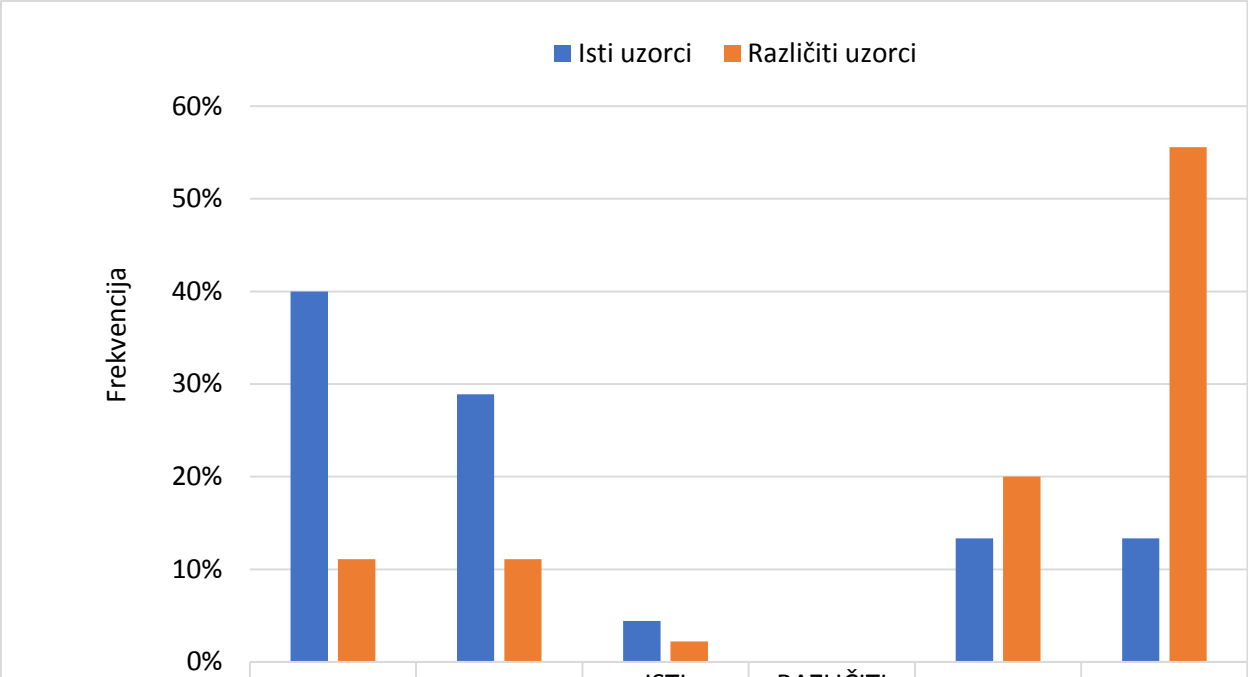
4.2.2. Jednostavni test razlike

U tablici 4.2.1. prikazani su rezultati provedbe jednostavnog testa razlika kojima se navode frekvencije izbora pojedinih odnosa između istih ili različitih uzoraka. Uočljivo je da su isti uzorci u većoj frekvenciji označeni kao isti, a različiti kao različiti. Jednako tako, uočljivo je da su panelisti u 6 situacija označili iste uzorke kao sigurno različite, a u 5 situacija su različiti uzorci označeni kao sigurno isti. S druge strane, u svega 3 situacije od 90 situacija odnosno u 3,33% situacija su odnosi između uzoraka označeni kao vrlo nesigurni (kategorije „Ne znam, ali pogađam“).

Tablica 4.2.2.1. Frekvencija izbora odnosa između istih ili različitih uzoraka pri provedbi jednostavnog testa razlika

Status uzoraka	Odnos između uzoraka					
	ISTI *Sigurno*	ISTI N*esigurno*	ISTI *Ne znam, ali pogađam*	RAZLIČITI *Ne znam, ali pogađam*	RAZLIČITI N*esigurno*	RAZLIČITI *Sigurno*
Isti uzorci	18	13	2	0	6	6
Različiti uzorci	5	5	1	0	9	25

Na slici 4.2.1. prikazana je učestalost izbora odnosa između istih ili različitih uzoraka pri provedbi jednostavnog testa razlika. Iz grafičkog prikaza je zorno vidljivo da su u 68,89 % situacija (> 2/3 situacija), isti uzorci označeni kao isti s većom ili manjom sigurnosti, dok su nasuprot tome u 26,66 % situacija isti uzorci označeni kao različiti s većom ili manjom sigurnosti. S druge strane, različiti uzorci su u 75,56 % situacija (> 3/4 situacija) označeni kao različiti s većom ili manjom sigurnosti, a u 22,22 % situacija označeni kao isti s većom ili manjom sigurnosti. U analizi provedbe cijelog testa utvrđeno je da su u svega 6,66 % situacija panelisti bili vrlo nesigurni u svojoj odluci te svoju odluku donijeli na temelju pogađanja. Temeljem tog, mogli bi zaključiti da su panelisti u prosječno 72,23 % situacija ispravno svrstali odnose između uzoraka, odnosno u 72,23 % situacija su uspješno razlikovali uzorke jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi od jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje.



	ISTI Sigurno	ISTI Nesigurno	ISTI Ne znam, ali pogađam	RAZLIČITI Ne znam, ali pogađam	RAZLIČITI Nesigurno	RAZLIČITI Sigurno
Isti uzorci	40,00%	28,89%	4,44%	0,00%	13,33%	13,33%
Različiti uzorci	11,11%	11,11%	2,22%	0,00%	20,00%	55,56%

Slika 4.2.1. Učestalost izbora odnosa između istih ili različitih uzoraka pri provedbi jednostavnog testa razlika

U analizi rezultata jednostavnog testa razlika upotrijebljena je statistika za izračun R-indeksa (Brown 1974). R- indeks je definiran kao neparametrijska statistika koja se često koristi u senzorskim istraživanjima i istraživanjima na potrošačima. R-indeksi se mogu izračunati nizom metoda koje su prigodne za mjerenja osjetljivosti u psihofizici, testovimae senzornog razlikovanja, hedonističkim skalama, testovima preferencije te za istraživanja u marketingu. Prednost upotrebe R-indeksa leži u jednostavnosti izračuna i fleksibilnosti u mogućnosti korištenja kod raznih protokola koji se koriste u testovima prilikom istraživanja hrane (Lee i van Hout 2009.).

U svom izvorišnom obliku, R-indeks je procijenjena vjerojatnost odnosa točne identifikacije interesnog podražaja (signal: S) prilikom prikazivanja uparenog drugog podražaja (šum: N). Pritom, ako ocjenjivač ne može utvrditi razliku između dva podražaja, morati će pogađati te je vjerojatnost da točno identificira signal (S) od šuma (N) 50% i u tom slučaju će R-indeks iznositi 50%. Ako ocjenjivač može savršeno razlikovati 2 podražaja, tada će R-indeks iznositi 100%. Treća mogućnost je da je ocjenjivač samo djelomično uspješan pri razlikovanju, što je slučaj prilikom testova razlika, tada će R-indeks imati vrijednost između 50% i 100%, a što je razlikovanje bolje to će vrijednost biti veća (Lee i sur. 2007a.).

R-indeks predstavlja popularnu mjeru za senzorske testove razlika, određivanje razlika među zbunjujućim namirnicama (Brajkovich i sur. 2005.; Lee i sur. 2007a.; 2007b.) kao i kod rangiranja (Lee i sur. 2007a.; 2007b.). Može se koristiti za razne poslovne odluke poput razvoja proizvoda, ispitivanja roka trajanja, utjecanja pakiranja i skladištenja, promjene sastojaka i sl. Njegova prednost leži u tome da, za razliku od konvencionalnog razlikovnog testa, kod kojeg se određuje razlikuju li se dva proizvoda ili ne, R-indeks daje mjeru koliko se ti proizvodi razlikuju jer mjeri stupanj razlikovnosti (Lee i van Hout 2009.). Još jedna od prednosti mjere R-indeksa u odnosu na konvencionalne senzorske razlikovne testove leži u fleksibilnosti protokola testa prilikom stvaranje podataka za izračun R-indeksa. Analiza R-indeksa je izrazito učinkovita kod višestrukih usporedbi gdje je jedan proizvod referentan (polazni proizvod) te postoji još mnogo drugih testnih proizvoda koji se uspoređuju s referentnim (Lee i sur. 2007b.).

U provedbi testova su proizvodi (testni i referentni) nasumično ispremiješani, a od ocjenjivača se generalno očekuje da odgovore prema ponuđenim kategorijama kojih je četiri do šest. Najčešće ocjenjivanje s četiri kategorije se sastoji od termina *„Različiti - sigurno*“, *„Različiti - nesigurno*“, *„Isti - nesigurno“, „Isti - sigurno“* (Brajkovich i sur. 2005.), a kod upotrebe šest kategorija termini su: *„Različiti - sigurno“, „Različiti - nesigurno“, „Različiti - ne znam, ali pogađam“, „Isti - ne znam, ali pogađam“, „Isti - nesigurno“* i *„Isti - sigurno“* (Lee 2008.).

Izračunom prema proceduri koju navode Lee i van Hout (2009.) utvrđeno je da R-indeks između uzoraka jaja iz slobodnog uzgaja s obiteljskih farmi i iz maloprodaje dobiven iz provedbe jednostavnog testa razlika iznosi 77,70 %. Prema Bi i O'Mahony (2007.) i tablici kritičnih vrijednosti za R-indeks navodi se da za 15 panelista i $\alpha = 0,05$ razlika dobivena kao R-indeks - 50 % mora iznositi najmanje 19,05. S obzirom da je utvrđen R-indeks iznosio 77,70%, razlika iznosi 27,70, što je veća vrijednost od kritične vrijednosti. Zbog toga možemo zaključiti da su panelisti u statistički značajnom opsegu razlikovali jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih gospodarstava i iz maloprodaje.

5. Zaključak

Pregledom rezultata istraživanja fizikalnih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja porijeklom s obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, može se zaključiti kako su ta jaja manja, šira i loptastijeg oblika u usporedbi s jajima iz slobodnog uzgoja u literaturnim navodima. Prosječna masa jaja iznosila je 60,21 g, a bila su zadovoljavajuće svježine te je HU iznosio 82,35. Ljuska je imala prosjek debljine 0,39 mm što ih je svrstalo u jaja sa srednje debelom ljuskom. Valja istaknuti najveći prosjek mase ljuske (7,72 g) u usporedbi s rezultatima u literaturnim navodima iako ta jaja nisu imala najdeblju ljusku. Najveći udio u cjelokupnom jajetu je otpao na bjelanjak (prosječno 62,17%), a slijede ga žumanjak (24,96%) i, na kraju, ljuska s 12,85%. Svojstvo svježine se pokazalo kao svojstvo s najvećom varijabilnošću te je koeficijent varijabilnosti iznosio čak 31,01%, dok je najmanju varijabilnost imalo svojstvo širine jaja s koeficijentom varijabilnosti 2,77%.

Prilikom obrade podataka prikupljenih provedbom hedonističkog testa, između četiri svojstva (boja, miris, okus i tekstura), svojstvo boje je postiglo najviši prosjek od 7,43 te se može zaključiti da je to svojstvo s najvećom dopadljivošću, a redom ga slijede svojstvo mirisa, svojstvo teksture te svojstvo okusa s prosjekom 6,56. Sukladno rezultatima, svojstvo boje je svojstvo s najmanjom varijabilnošću, a koeficijent varijabilnosti je iznosio 15,27%. Svojstvo teksture je postiglo najveću varijabilnost s koeficijentom varijabilnosti 21,69%. Panelisti su kušanjem zaključili kako se jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi (tretman A) značajno razlikuju ($P<0,05$) od jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje (tretman B) po svojstvu boje žumanjka. Pritom je prosječna dopadljivost tretmana A iznosila 7,43 dok je prosječna dopadljivost tretmana B iznosila 5,73. Ostala svojstva se nisu značajno razlikovala ($P>0,05$).

Rezultati jednostavnog testa razlike pokazuju da su isti uzorci u većoj frekvenciji označeni kao isti, a različiti kao različiti. Panelisti su u 72,23% situacija uspješno razlikovali uzorke jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi od jaja iz slobodnog uzgoja nabavljenih u maloprodaji. Utvrđeno je da je R-indeks između uzoraka jaja s obiteljskih farmi i jaja iz maloprodaje, dobiven provedbom jednostavnog testa razlike iznosio 77,70%. Može se zaključiti da su panelisti u statistički značajnom opsegu razlikovali jaja iz slobodnog uzgoja s obiteljskih farmi od jaja iz slobodnog uzgoja iz maloprodaje.

Temeljem navedenog možemo zaključiti da je utvrđena razlika između jaja iz slobodnog uzgoja koja porijeklom dolaze s obiteljskih gospodarstava i iz maloprodaje te da je dopadljivost jaja s obiteljskih gospodarstava veća po svojstvu boje žumanjka. Panelisti su većinom jasno mogli odrediti razlike između uzoraka što nam daje uvid u važnost senzorskih analiza jaja kao i čimbenike koji utječu na istu (hranidba, dob, sastav ispaše, način držanja, zdravlje itd.). Treba napomenuti da je varijabilnost uvjeta držanja na svakom gospodarstvu ili industrijskoj farmi vrlo velika te se ovi rezultati ne mogu primijeniti na sva jaja iz slobodnog uzgoja. Potrebno je provesti još istraživanja kojima bi se dokazala varijabilnost fizikalnih i senzorskih svojstava jaja iz slobodnog uzgoja, čimbenika koji utječu na njih te prihvatljivost od strane potrošača.

6. Literatura

1. Abdullah A.R., Ojedapo L.O., Adedeji T.A., Olayeni T.B. i Adedeji O.S. (2003). Influence of hens age on egg quality parameters in Bovans Nera black layer strain. Proceedings of the 28th Annual Conferences of the Nigerian Society for Animal production, March 18-22. University of Calabar, Cross Rivers State, pp:103.
2. Ahmadi F., Rahimi F. (2011). Factors Affecting Quality and Quantity or Egg Production in Laying Hens: A Review. World Applied Sciences Journal. 12 (3): 372-384.
3. Altan A., Altan O., Ozkan S., Acikgoz Z., Ozkan K. (2000). Effects of dietary sodium bicarbonate on egg production and egg qualtiy of laying hens during high summer temperature. Archiv fur Geflugelkunde, 64:269-272.
4. Anonimno (2006.): Pravilnik o kakvoći jaja, NN 115/2006.
5. Anonimno (2010.): Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica, NN 77/2010.
6. Anonimno (2010.): Pravilnik o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica, NN 99/2010.
7. Anonimno (2011.): Izmjene i dopune Pravilnika o minimalnim uvjetima za zaštitu kokoši nesilica, NN 51/2011.
8. Argaiz A., P´erez-Vega O., L´opez-Malo A. (2005). Sensory detection of cooked flavor development during pasteurization of a guava beverage using R-Index. J. Food. Sci. 70:149–152.
9. Balnave D., Gill R.J., Li X. i Bryden W.L. (2000). Responses of Isa Brown laying hens to a pre-layer diet containing additional calcium and dietary protein and lysine concentrations during inorganic phosphorus in laying hens. British poultry Sci., 51:779-784.
10. Benton C.E. Jr. I Brake J. (2000). Effects of atmospheric ammonia on albumen height and pH of fresh broiler eggs. Poultry Sci., 79:1562-1569.
11. Berkhoff J., Alvarado-Gilis C., Keim J. P., Alcalde H. A., Vargas-Bello-Perez E., Gandarillas M. (2020). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. Poultry Science 99:6239–6246.
12. Bi J., O'Mahony M. (2007). Updated and extended tables for testing the significance of the R-index. J. Sens. Stud. 2:713–720.
13. Blair R. (2008). Nutrition and feeding of organica poultry. Wallingford, CAB International.
14. Botheras N., Hemsworth P., Coleman G. i Barnett J. (2006). „Animal Wellfare as Related to Egg Production Systems: Cage and Non-Cage/Alternative Systems (Barns, Aviaries, Free-Range)", Animal Science Extension Fact Sheet, AS-16-06, Ohio State University, Columbus, 1-3.
15. Brajkovich M., Tibbits N., Peron G., Lund C.M., Dykes S., Kilmartin P.A., Nicolau L. (2005). Effect of screwcap and cork closures on SO2 levels and aromas in a sauvignon blanc wine. J. Agric. Food. Chem., 53:10006–10011.

16. Brown J. (1974). Recognition assessed by rating and ranking. Brit J Psycho 65:13–22.
17. Butler E.J. i Fenwick G.R. (1984). Trimethylamine and fishy taint in eggs. World's Poultry Sci. J., 40:38-51.
18. Castellini C., Perella F., Mungai C., Dal Bosco A. (2006). Welfare, productivity and qualitative traits of egg in laying hens reared under different rearing systems. XII European Poultry Conference, Verona.
19. Cavero D., Schmutz M., Icken W., Preisinger R. (2012). Attractive Eggshell Color as a Breeding Goal. Lohmann Information vol. 47: 15.
20. Charlton B.R., Bermudez A.J., Boulianne M., Halvorson D.A., Jeffrey J.S., Newman L.J., Sander J.E. i Wakenell P.S. (2000). Avian Disease Manual, 5. izdanje, American Association of Avian Pathologists, Pensiylvania, S.A.D.
21. Cherian G., Holsonbake T. B., Goeger M. P. (2001). Fatty Acid Composition and Egg Components of Specialty Eggs. Oregon. Poultry Science. 81:30-33.
22. Cluckin.net (2020). Abnormal chicken eggs. 37 egg and shell problems explained; https://cluckin.net/abnormal-chicken-eggs-35-egg-problems-explained.html; pristupljeno 20.5.2021.
23. Couttis J. A., Wilson G. C. (2007). Optimum Egg quality, Publishing , Notcot.
24. De Azevedo C.H. i Rodriguez-Maya D.B. (2005). Carotenoid composition of kale as influenced by maturity, season and minimal processing. J. Sci. Food Agric., 85:591-597.
25. De Ketelaere B., Govaertis T., Coucke P., Dewil E., Visscher J., Decuypere E., de Baerdemaeker J. (2002). Measuring the eggshell strenght of 6 different genetic strains of laying hens: Techniques and comparisons. British Poultry Science. 43, pp. 238-244.
26. Dorminey R. W., Jones, J.E. i Wilson H.R. (1965). Influence of cage size and frightening on incidence of body checked eggs. Poultry Sci., 44:307-308.
27. Doyon G., Bernier-Cardou M., Hamilton R.M.G., Castaigne F. i Randall C.J. (1986). Egg quality. 2. Albumen quality of eggs from five commercial strains of white Leghorn hens during one year oflay. Poultry Sci., 65:63-66.
28. Elaroussi, M. A., Forte L. R., Eber S. L., Biellier H. V. (1994). Calcium homeostasis in the laying hens age and dietary calcium effects. Poultry Sci., 73:1581-1589.
29. Ferrante V., Lolli S., Vezzoli G. i Cavalchini L.G. (2009). Effects of two different reaing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in lying hens. Ital. J. Anim. Sci., 8:165-174.
30. Franchini A., Sirri F., Tallarico N., Minelly G., Iaffaldano N. i Meluzzi A. (2002). Oxidative sability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supernutritional doses of vitamins E and C. Poultry Sci., 81:1744-1750.
31. Grandano F., Olmedilla B. i Blanco I. (2003). Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. Brit. J. Nutr., 90:487-504.
32. Hammershøj M. (2011). Organic and free-range eggs production. Aarhaus University, Denmark.

33. Hammershoj M. i Kjaer J.B. (1999). Phase feeding for laying hens. Effect of protein and essential amino-acids on egg quality and production. Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Sci., 49:31-41.
34. Hammershøj M. i Steenfeldt S. (2005). Effects of blue lupin (*Lupinus angustifolius*) in organic layer diest and supplementation with foraging material on layer performance and some egg quality parameters. Poultry Sci. 84:723-733.
35. Hammershøj M. i Steenfeldt S. (2009). Organic egg quality parameters influenced by feed, hen line and forage material. *XIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, Turku, World's Poultry Science Assotiation, 63.
36. Hammershøj M., Kidmose U. i Steenfeldt S. (2010). Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot (*Daucus carota*) varieties as forage material for egg-laying hens. J. Sci. Food Agric., 90:1163-1171.
37. Hegelund L. Sorensen J.T., Kjaer J.B. and Kristensen I.S. (2005). Use of the range area in organic egg production systems: effect of climatic factors, flock size, age and artificial cover. Brit. Poult. Sci., 46:1-8.
38. Ivanković M., Mikuš T., Cvrtila Ž. (2018). Kvaliteta jaja podrijetlom od nesilica iz slobodnog i kaveznog uzgoja. Zagreb: Meso. 5:419-425.
39. Karunajeewa H. (1978). The performance of cross-bred hens given free choice feeding of whole grains and a concentrate mixture and the influence of source of xanthophylls on yolk colour. British Poultry Science. 19:699-708.
40. Keeling L. J., Hughes B. O., Dun P. (1988). Performance of free-range laying hens in a polythene house and their behaviour on range. Farm Building Progress. 94:21-28.
41. Keshavarz K. (2003). Effects of reducing dietary protein, methionine, choline, folic acid and vitamin B during the late stages of egg production cycle on performance and eggshell quality. Poultry Sci., 82:1407-1414.
42. Kjaer J.B. i Sørensen P. (2002). Feather pecking and cannibalism in free-range laying hens as affected by genotype, dietary level of methionine+cystine, light intensity during rearing and age at first access to the range area. Appl. Anim. Behaviour Sci. 76:21-39.
43. Kjaer J.B. Sørensen P. i Su G. (2001). Divergent selection of feather pecking behaviour in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). Appl. Anim. Behaviour Sci. 71:229-239.
44. Kralik G., HS-Schön E., Kralik D., Šperanda M. (2008). Peradarstvo, biološki i zootehnički principi. Sveučilište J. J. Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
45. Krawczyk J. i Gornowicz E. (2009). Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. Archiv fur Geflgelkunde. 74(3):151-157.
46. Küçükyılmaz K. i sur. (2012). Effects of rearing systems on performance, egg characteristics and immune response in two layer hen genotype. Asian Australs. Journal of Animal Science. 25:559-568.

47. Lee H.S., van-Hout D., O'Mahony M. (2007b). Sensory difference tests for margarine: a comparison of R-Indices derived fromranking andmultiple A-Not Amethods considering response bias and cognitive strategies. Food Qual. Prefer., 18:675–680.
48. Lee HS. (2008). A predictive model for sensory difference tests accounting for sequence effects. Food Sci. Biotechnol. 17:1052–1059.
49. Lee HS. i van Hout D. (2009). Quantification of Sensory and Food Quality: The R-Index Analysis. Journal of Food Science, 74:57-64.
50. Lee HS., van-Hout D., Hautus M. (2007a). Comparison of performance in the A-Not A, 2-AFC, and same-different tests for the flavor discrimination ofmargarines: the effect of cognitive decision strategies. Food Qual Prefer, 18:920–928.
51. Lordelo M., Fernandes E., Bessa R. J. B., Alves S. P. (2016). Quality of eggs from different laying hen production systems from indigenous breeds and specialty eggs. 2017 Poultry Science. 96: 1485-1491.
52. Miao Z.H., Glatz P.C. i Ru Y.J. (2005). Free-range poultry production – a review. Asian Australasian J. Anim. Sci., 18:113-132.
53. Mizumoto E.M., Canniatti-Brazaca S.G. i Machado F.M.V.F. (2008). Chemical and sensorial evaluation of eggs obtained by different production systems. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, 28:60-65.
54. Mugnai C., Bosco A., Castellini C. (2009). Effect of rearing system and season on the performance and egg characteristics of Ancona laying hens. Italian Journal of Animal Science. 8:175-188.
55. Natalie G. (2009). Factors affecting egg quality in the commercial lying hen: A review.
56. Nys Y. (1999). Nutritional factors affecting eggshell quality. Chech J. Animal Sci., 44:135-143.
57. Nys Y. (2000). Dietary carotenoids and egg yolk coloration – a review. Arch. Geflugelkunde, 64:45-54.
58. Okeudo N.J., Onwuchekwa C.I. i Okoli I.C.. (2003). Effect of oil treatment and lenght of storage on the internal quality, organoleptic attributes and microbial profile of chicken eggs. Tropical Anim. Prod. Investigations, 6:63-70.
59. Parrott P.A.W. (2004). Hen welfare: the consumer's perspective. U Perry G. Welfare of the laying hen, Cambridge, CABI Publishing, 11-22.
60. Patterson P., Koelkebeck K. W., Bell D. D., Carey J. B., Anderson K. E., Darre M. J. (2001). Egg marketing in national supermarkets: Specialty eggs-part 2. Poultry Science. 8:390-395.
61. Ravindran V., Bryden W. L. i Cornegay E. T. (1995). Phytates: occurence, bioavaliability and implications in poultry nutrition. Poultry Avian Biol. Rev., 6:125-143.
62. Ravindran V., Selle P. H. i Bryden W. L. (1999). Effects of phytase supplementation, individually and in combination, with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. Poultry Sci., 82:92-99.
63. Roberst J.R. i Blackpool C. (1994). The ultrastructure of avian egg shells. Poultry Science Reviews, 5:245-272.

64. Roland D. A. i Bryant M. (1994). Feed consumption, energy comsumption, shell quality, egg production and egg weight as influenced by pre-peak production calcium levels on commercial leghorns. J. SAppl. Poultry Sci., 3:184-189.
65. Roland D. A. i Bryant M. (2000). Nutrition and feeding for optimum egg shell quality. Proceedings of the XXI World's Poultry Congress, Montreal, Canada, August CD-ROM. Pp: 20-24.
66. Senčić Đ., Antunović Z., Domačinović M., Šperanda M., Steiner Z. (2006). Kvaliteta kokošjih jaja iz slobodnog i kaveznog sustava držanja. Stočarstvo 60, 3, 173-179.
67. Shimura T., Suzuki T., Hirahara S., Eguchi Y., Uetake K. i Tanaka T. (2008). Pecking behaviour of laying hens in single-tiered aviaries with and without outdoor area. Brit. Poult. Sci. 49:396-401.
68. Silversides F.G., Scott T.A., Korver N.R., Afsharmanesh M i Hruby M. (2006). A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. Poultry Sci., 85:297-305.
69. Sohail S. S. i Roland D. A. (2002). influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W-0 hens. Poultry Sci., 81:75-83.
70. Solomon S. E. (1991). Egg and Eggshell Quality. Wolfe Publishing Limited. London.
71. The poultry Site (2020). Formation of the Egg; https://www.thepoultrysite.com/publications/egg-quality-handbook/2/formation-of-the-egg ; pristupljeno 23.6.2021.
72. Uremović Z., Uremović M., Pavić V., Mioč B., Mužic S., Janječić Z. (2002). Stočarstvo: Peradarstvo. Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 543-547.
73. Van Den Brand H., Parmentier H. K., Kemp B. (2004). Effects of housing system outdoor vs cages and age of laying hen on egg characteristics. British Poultry Science. 45:745-752.
74. Van Krimpen M.M., Kwakkel R.P., Van der Peet-Schwering C., Den Hartog L.A. i Verstegen M.W.A. (2009). Effects of nutrient dilution and nonstarch polysacharide concentration in rearing and laying diets on eating behaviour and feather damage of rearing and laying hens. Poultry Sci. 88:759-773.
75. Voisey P.W., Hamilton R.M.G. (1977). Sources of error in egg specific gravity measurements by the floatation method. Poultry Sci., 56:1457-1462.
76. Wathes C.M. (1981). Energetic efficencies of alternative systems of egg-production. Poultry Sci. 60:523-527.
77. Zaghini A., Martelly G., Roncada P., Simioli M i Rizzi L. (2005). Mannanoligosacharides and aflatoxin B1 in feed for laying hens: Effects on egg quality, aflatoxins B1 and M1 residues in eggs and aflatoxin B1 levels in Liver. Poultry Sci., 84:825-832.
78. Zeltner E., Hirt H. (2003). Effects of artificial structuring on the use of laying hen runs in a free-range system. British Poultry Science. 44:533-537.

Životopis

Tena Stojanović rođena je 15. kolovoza 1996. godine. Osnovnu školu je pohađala u Koprivnici gdje završava i srednjoškolsko obrazovanje u Gimnaziji „Fran Galović“, jezični smjer. Godine 2015./2016. upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu, smjer Animalne znanosti. Preddiplomski studij završava 2018. godine obranom završnog rada pod naslovom „Odabir grla za formiranje prvog (inicijalnog) stada u ovčarstvu“ pod mentorstvom doc. dr. sc. Ante Kasapa te stječe naziv prvostupnika inženjera animalnih znanosti. Nakon toga upisuje diplomski studij, smjer Proizvodnja i prerada mesa te piše diplomski rad na temu „Varijabilnosti fizikalnih i senzorskih karakteristika jaja iz slobodnog uzgoja“ pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivice Kosa.
Razumije, govori i piše njemački i engleski jezik. Bavi se slikanjem i crtanjem te je imala nekoliko izložbi u sklopu svoje srednje škole.