

Živinarstvo

GOD. LVI

BR. 9/10 – 2022.



STRUČNO-NAUČNI ČASOPIS

ISSN 0354-4036



BELA I BRAON JAJA - IMA LI RAZLIKE U KVALITETU?

N. ĐOKIĆ, N. KARABASIL, B. SUVAJDŽIĆ, NEVENA GRKOVIĆ, MIRJANA DIMITRIJEVIĆ, N. ČOBANOVIĆ, SARA KOVAČEVIĆ¹

KRATAK SADRŽAJ

Cilj istraživanja ovog rada bio je da se ispita kvalitet konzumnih jaja u odnosu na boju (bela, braon) ljuske.

Bela jaja su imala najveći indeks oblika, dok su braon jaja imala najveću debljinu ljuske. Braon jaja su imala najveći indeks belanca i Hugov indeks, dok su kod belih jaja zapažene najveće vrednosti za širinu i dužinu belanca. Pored toga, kod belih jaja je utvrđena najveća masa i procenat žumanca. Bela jaja su imala veću senzornu ocenu za boju žumanca, kao i veću L* i b* vrednost instrumentalno određene boje žumanca u poređenju sa braon jajima.

Na osnovu rezultata ovog istraživanja može se zaključiti da su konzumna jaja sa braon bojom ljuske boljeg kvaliteta u odnosu na ona sa belom bojom ljuske.

Ključne reči: boja ljuske, indeks belanca, indeks žumanca, kvalitet belanca, kvalitet ljuske

UVOD

Konzumna jaja se ubrajaju u najstarije prehrambene proizvode i smatra se da su u ljudsku ishranu ušla mnogo pre nego što je čovek počeo da uzgaja živinu (*Al-Rubaiee i sar., 2012; Kopacz i sar., 2018; Čobanović i sar., 2021*). Sa nutritivnog aspekta se smatraju jedinstvenom i dobro izbalansiranom namirnicom kako za decu tako i za odrasle: ona predstavljaju „skladište“ velike količine

¹ DVM Nemanja Đokić, prof. dr Nedeljko Karabasil, dr sc. vet. med. Branko Suvajdžić, dr sc. vet. med. Nevena Grković, prof. dr Mirjana Dimitrijević, dr sc. vet. med. Nikola Čobanović, Fakultet veterinarske medicine, Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla, Beograd; DVM Sara Kovačević



visokokvalitetnih proteina, esencijalnih masnih kiselina, holesterola, vitamina, minerala (posebno gvožđa i fosfora) i nekoliko biološki aktivnih jedinjenja (promotori rasta, antivirusne i antibakterijske supstance) (Pavlović i sar., 2020; Dalle Zotte i sar., 2021).

Iako postoji zanemarljiva povezanost između boje ljuske i nutritivne vrednosti jaja, ona značajno utiče na prihvatljivost potrošača, što je čini važnim ekonomskim faktorom kvaliteta (Pavlovski i sar., 2007; Soria i sar., 2013; Sharaf Eddin i sar., 2019). Potrošači su spremni da plate više za konzumna jaja određene boje, iako boja jaja ne može da se dovede u direktnu vezu sa unutrašnjim kvalitetom jaja (Odabasi, 2013). U Kini, Portugalu, Južnoj Koreji, Portoriku, Australiji, Francuskoj, Italiji i Irskoj potrošači više preferiraju konzumna jaja braon boje ljuske (Odabasi, 2003; Aygun, 2014). Sa druge strane, potrošači iz Sjedinjenih Američkih Država i Švedske daju prednost konzumnim jajima bele boje ljuske (Odabasi, 2003). Treba napomenuti da ima i regiona gde se podjednako konzumiraju jaja braon i bele boje ljuske, kao što su Nemačka, Holandija i Španija (Li i sar., 2006). Istraživanjima na velikom broja ptica različitih vrsta, utemeljno je da boja jajeta zavisi od tri osnovna pigmenta: protoporfirina-IX, biliverdina-IX i cink-helata, koji u različitim koncentracijama i kombinacijama daju ljusci specifičnu nijansu (Li i sar., 2006; Aygun, 2014; Baylan i sar., 2017; Sharaf Eddin i sar., 2019; Drabik i sar., 2021). U slučaju kada se protoporfirin-IX deponuje na belo jaje daje braon boju ljuske (Yang i sar., 2009), a suprotno braon jajima, bela jaja nemaju pigmente ili se oni nalaze samo u tragovima (Odabasi, 2003; Drabik i sar., 2021). Pored tri glavna pigmenta u formiranju boje ljuske, učestvuju i minerali kao što su gvožđe, selen i mangan. Ovi minerali se mogu naći u većoj koncentraciji u jajima sa tamnijom bojom ljuske (Drabik i sar., 2021).

Sprovedeno je nekoliko studija kako bi se utvrdio uticaj boje ljuske na kvalitet konzumnih jaja, međutim, rezultati nisu konzistentni. Pojedina istraživanja sugerišu da je sadržaj pigmentata u ljusci u korelaciji sa kvalitetom jaja i utiče na njihovu održivost, specifičnu težinu, čvrstoću i debljinu ljuske (Yang i sar., 2009; Aygun, 2014; Drabik i sar., 2021). Ispitivanjima na jajima sa braon bojom ljuske, utvrđeno je da protoporfirin-IX ima baktericidno dejstvo na Gram pozitivne bakterije (Samiullah i sar., 2017), pa je samim tim rast mikroorganizama slabiji u poređenju sa jajima druge boje ljuske (Baylan i sar., 2017). Takođe je utvrđeno da veću čvrstoću i debljinu ljuske imaju jaja braon boje (Baylan i sar., 2017; Drabik i sar., 2021). Ova osobina braon jaja ukazuje na potencijalnu povezanost procesa pigmentacije i kalcifikacije ljuske jaja, budući da veća količina deponovanog pigmenta uslovljava deponovanje veće količine kalcijuma (Ingram i sar., 2008). Za razliku od većine studija, pojedini autori (Ketta i Tumova, 2016) su utvrdili veću jačinu ljuske kod jaja bele boje. Stoga, cilj istraživanja ovog rada bio je da se ispita kvalitet konzumnih jaja u odnosu na boju (bela, braon) ljuske.



| MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

U okviru ovog eksperimenta ispitivanja su obavljena na 30 konzumnih jaja različite boje (bela i braon) poreklom od koka nosilja sa istog privatnog gazdinstva, a uzeto je po 15 uzoraka od svake boje ljuske. Bela jaja su poticala od italijanke i leghorn rase koka nosilja, a braon jaja od marans rase. Uzorci su transportovani u ručnom frižideru pri temperaturi od 0 do 4 °C u roku od dva časa od uzorkovanja, u Laboratoriju za senzorna ispitivanja Katedre za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla (Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu) gde su izvršena dalja ispitivanja.

| POKAZATELJI KVALITETA LJUSKE KONZUMNIH JAJA

Određivanje mase konzumnih jaja

Masa konzumnih jaja je određena merenjem mase svakog pojedinačnog jajeta na vagi (*WPS 600/C, Radwag, Radom, Poland*) sa tačnošću $\pm 0,05$ g. Nakon određivanja mase, utvrđena je klasa konzumnih jaja na osnovu *Pravilnika o kvalitetu jaja (2019)*: „**XL**“ – vrlo velika (≥ 73 g); „**L**“ – velika (od 63 g do 73 g); „**M**“ – srednja (od 53 g do 63 g); i „**S**“ – mala (< 53 g).

Ispitivanje prisustva oštećenja na ljusci konzumnih jaja

Svako pojedinačno konzumno jaje je vizuelno pregledano na prisustvo oštećenja na ljusci. Procenat jaja sa oštećenom ljuskom (%) je određen izračunavanjem broja polomljenih jaja i deljenjem sa ukupnim brojem ispitanih jaja.

Ispitivanje prisustva i stepena zaprljanosti ljuske konzumnih jaja

Zaprljanost ljuske je ispitivana na dva načina:

1. ispitivanjem prisustva nečistoće na ljusci
2. ispitivanjem stepena zaprljanosti ljuske.

Zaprljanost ljuske jaja je ocenjivana na sledeći način (*Philippe i sar., 2020*): Čista jaja – nečistoća zauzima manje od 5% površine ljuske; Prljava jaja – nečistoća zauzima više od 5% površine ljuske. Stepen zaprljanosti ljuske je određen na osnovu bod sistema, ocenama od 1 do 5 (*Attia i sar., 2014*).

Određivanje indeksa oblika konzumnih jaja

Indeks oblika jaja određen je merenjem dužine i širine jaja u milimetrima pomoću digitalnog kalipera (*Precision Measuring, China*) sa preciznošću od 0,01 mm. Indeks oblika jaja je zatim izračunat na osnovu sledeće formule (*Yang i sar., 2009*):



Indeks oblika = (dužina jajeta / širina jajeta) x 100.

Konzumna jaja su na osnovu indeksa oblika razvrstana na sledeći način (*Duman i sar., 2016*): (i) šiljata jaja – indeks oblika manji od 72; (ii) normalna (standardna) jaja – indeks oblika između 72 i 76; (iii) okrugla jaja – indeks oblika veći od 76.

Određivanje mase i procenta ljuske konzumnih jaja

Masa i procenat ljuske su određeni nakon razbijanja jaja i odvajanja sadržaja jajeta (belance i žumance) separatorom za jaja. Pre merenja mase ljuske nije uklonjena unutrašnja membrana, a ljuska je obrisana papirnim ubrusom. Masa ljuske je određena merenjem na vagi (*WPS 600/C, Radwag, Radom, Poland*) sa tačnošću $\pm 0,05$ g. Nakon određivanja mase ljuske, određen je procenat ljuske (%) na osnovu sledeće formule:

$$\text{Procenat ljuske jajeta} = (\text{masa jajeta} / \text{masa ljuske}) \times 100.$$

Određivanje debljine ljuske konzumnih jaja

Debljina ljuske sa unutrašnjom membranom je određena merenjem njene debljine u milimetrima na šiljatom, ekvatorijalnom i tupom delu jajeta pomoću digitalnog kalipera (*Precision Measuring, China*) sa preciznošću od 0,01 mm. Nakon određivanja debljine ljuske na šiljatom, tupom i ekvatorijalnom delu, ujednačenost debljine ljuske jajeta je izračunata na osnovu sledeće formule (*Yan i sar., 2014*):

$$\text{Debljina ljuske} = (D_s + D_e + D_t) / 3$$

pri čemu je D_s = debljina šiljatog dela jajeta (mm); D_e = debljina na ekvatorijalnom delu jajeta (mm); D_t = debljina tupog dela jajeta (mm).

Određivanje boje ljuske konzumnih jaja

Instrumentalno određivanje boje ljuske jaja sprovedeno je na šiljatom, ekvatorijalnom i tupom delu jajeta. L^* , a^* i b^* vrednosti CIE sistema određene su korišćenjem portabl kolorimetra (*NR110, 3NH Technology Co., Ltd, Shenzhen, China*) u D-65 osvetljenju, standardnim uglom zaklona od 2° i sa otvrom od 8 mm na mernoj glavi. Instrument je pre merenja kalibrisan prema uputstvu proizvođača. Kao rezultat su uzimane aritmetičke sredine tri određivanja L^* , a^* i b^* vrednosti na svakom delu jajeta. Nakon određivanja aritmetičkih sredina L^* , a^* i b^* vrednosti, E vrednost na šiljatom, ekvatorijalnom i tupom delu jajeta je izračunata na osnovu sledeće formule (*Baylan i sar., 2017*): $E = \sqrt{(L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})}$, pri čemu je L^* = svetloća boje; a^* = udeo crvene boje; b^* = udeo žute boje. Korišćenjem dobijenih E vrednosti na šiljatom, ekvatorijalnom i tupom delu jajeta, određena je E vrednost celog jajeta na osnovu sledeće formule (*Baylan i sar., 2017*): $E_{uk} = (E_s + E_e + E_t) / 3$, pri čemu je E_{uk} = vrednost celog jajeta; E_s = E vrednost šiljatog dela jajeta; E_e = E vrednost na ekvatorijalnom delu jajeta; E_t



= E vrednost tupog dela jajeta. Konzumna jaja su na osnovu E vrednosti celog jajeta razvrstana na sledeći način (*Baylan i sar., 2017*): (i) tamna jaja ($E_{uk} < 64$); (ii) jaja normalne boje (E_{uk} vrednost između 64 i 67); (iii) svetla jaja ($E_{uk} > 67$).

POKAZATELJI KVALITETA BELANCA

Određivanje mase i procenta belanca

Masa belanca je određena nakon razbijanja jaja i odvajanja ljuske i žumanca separatorom za jaja. Određivanje mase belanca je sprovedeno merenjem na vagi (*WPS 600/C, Radwag, Radom, Poland*) sa tačnošću $\pm 0,05$ g. Nakon određivanja mase belanca, određen je procenat belanca (%) na osnovu sledeće formule:

$$\text{Procenat belanca} = (\text{masa celog jajeta} / \text{masa belanca}) \times 100$$

Merenje pH vrednosti belanca

pH vrednost belanca je određivana korišćenjem pH metra (*Inolab pH Level 1, WTW GmbH Weilheim, Germany*) na tri različita mesta. Kao konačan rezultat je uzimana srednja vrednost tri određivanja pH vrednosti.

Određivanje Hugovog indeksa

Određivanje Hugovog indeksa je sprovedeno merenjem mase celog jajeta i visine belanca. Masa celog jajeta je izmerena na vagi (*WPS 600/C, Radwag, Radom, Poland*) sa tačnošću $\pm 0,05$ g. Nakon toga je polomljena ljuska i sadržaj jajeta izručen u Petrijevu šolju, a zatim je izmerena visina belanca korišćenjem digitalnog kalipera (*Precision Measuring, China*) sa preciznošću od 0,01 mm. Hugov indeks je određen na osnovu sledeće formule (*Čobanović i sar., 2022*): **Hugov indeks = $100 \log x (v + 7,51 - 1,7 \times m0,37)$** , pri čemu je m = masa celog jajeta (g); v = visina belanca (mm).

Određivanje indeksa belanca

Određivanje indeksa belanca sprovedeno je nakon lomljenja ljuske i izručivanja sadržaja jajeta u Petrijevu šolju. Korišćenjem digitalnog kalipera (*Precision Measuring, China*) sa preciznošću od 0,01 mm najpre je izmerena visina belanca na udaljenosti od 1 cm od ivice žumanca, a zatim su izmereni i dužina belanca od najduže ivice belanca i širina belanca od najšire ivice belanca. Visina, dužina i širina belanca su određeni bez odvajanja od žumanca. Nakon određivanja visine, dužine i širine belanca, indeks belanca je izračunat je na osnovu sledeće formule (*Čobanović i sar., 2022*):

$$\text{Indeks belanca} = (\text{visina belanca} / \text{dužina belanca} + \text{širina belanca}) \times 100$$



POKAZATELJI KVALITETA ŽUMANCA

Određivanje mase i procenta žumanca

Masa žumanca je određena nakon razbijanja jaja i odvajanja ljuske i belanca separatorom za jaja. Određivanje mase žumanca je sprovedeno merenjem na vagi (*WPS 600/C, Radwag, Radom, Poland*) sa tačnošću $\pm 0,05$ g. Nakon određivanja mase žumanca, određen je procenat žumanca (%) na osnovu sledeće formule:

$$\text{Procenat žumanca} = (\text{masa celog jajeta} / \text{masa žumanca}) \times 100$$

Merenje pH vrednost žumanca

pH vrednosti žumanca je određena korišćenjem pH metra (*Inolab pH Level 1, WTW GmbH Weilheim, Germany*) na tri različita mesta. Kao konačan rezultat je uzimana srednja vrednost tri određivanja pH vrednosti.

Određivanje indeksa žumanca

Određivanje indeksa žumanca sprovedeno je nakon lomljenja ljuske i izručivanja sadržaja jajeta u Petrijevu šolju. Korišćenjem digitalnog kalipera (*Precision Measuring, China*) sa preciznošću od 0,01 mm najpre je izmerena širina žumanca, a potom i visina žumanca na njegovoj sredini. Visina i širina žumanca su određeni bez odvajanja od belanca. Nakon određivanja visine i širine belanca, indeks žumanca je izračunat na osnovu sledeće formule:

$$\text{Indeks žumanca} = (\text{visina žumanca} / \text{širina žumanca}) \times 100$$

Određivanje boje žumanca

Boja žumanca određena je senzorski i instrumentalno. Za određivanje boje žumanca najpre je polomljena ljuska, a zatim je sadržaj jajeta izručen u Petrijevu šolju. Senzorno određivanje boje žumanca je sprovedeno upoređivanjem boje žumanca ispitivanih jaja sa standardom za boju (*Roche Yolk Colour Fan*), pri čemu su dodeljivane ocene od 1 (bledo žuta) do 16 (tamno narandžasta) (*Karabasil i sar., 2020*). Instrumentalno određivanje boje žumanceta sprovedeno je korišćenjem portabl kolorimetra (*NR110, 3NH Technology Co., Ltd, Shenzhen, China*) u D-65 osvetljenju, standardnim uglom zaklona od 2° i sa otvorom od 4 mm na mernoj glavi pri čemu su dobijene L^* , a^* i b^* vrednosti CIE sistema. Prilikom instrumentalnog određivanja boje, otvor kolorimetra je prislanjan na vitelinsku membranu žumanceta. Instrument je pre merenja kalibrisan prema uputstvu proizvođača. Kao rezultat su uzimane aritmetičke sredine tri određivanja L^* , a^* i b^* vrednosti na svakom delu jajeta.



STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA

Statistička analiza dobijenih rezultata je urađena u statističkom paketu SPSS 23.00 (SPSS Inc., Armonk, NY: IBM Corp., USA). U odnosu na boju ljuske, konzumna jaja su podeljena u dve grupe: (i) bela jaja (n=15) i (ii) braon jaja (n=15). U statističkoj analizi dobijenih rezultata, kao osnovne statističke metode korišćeni su deskriptivni statistički parametri: aritmetička sredina i standardna greška. Za ispitivanje značajnosti razlika između dve posmatrane grupe korišćen je Studentov T test. Hi-kvadrat test je korišćen za utvrđivanje statistički značajne razlike u učestalosti oštećenih jaja, prljavih jaja i klasa kvaliteta na osnovu indeksa oblika između jaja različite boje ljuske. Signifikantnost razlika je utvrđena na nivou značajnosti od $P \leq 0,05$, dok su P vrednosti između $>0,05$ i $<0,10$ smatrane tendencijom.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Uticao boje ljuske na kvalitet ljuske konzumnih jaja

Uticao boje ljuske na kvalitet ljuske konzumnih jaja prikazan je u Tabeli 1. Utvrđen je statistički značajan uticaj ($P < 0,05$) boje ljuske na indeks oblika jaja, debljinu ljuske konzumnih jaja i stepen zaprljanosti ljuske jaja.

Uticao boje ljuske na kvalitet belanca konzumnih jaja

Uticao boje ljuske na kvalitet belanca i žumanca konzumnih jaja prikazan je u Tabeli 3.2. Utvrđen je statistički značajan uticaj ($P < 0,05$) boje ljuske na sve pokazatelje kvaliteta belanca konzumnih jaja, osim na masu belanca. Utvrđen je statistički značajan uticaj ($P < 0,05$) boje ljuske na masu žumanca, procenat žumanca i senzornu boju žumanca izuzimajući pH vrednost žumanca, visinu žumanca, širinu i indeks žumanca.

TABELA 1.

Uticao boje ljuske na pokazatelje kvaliteta ljuske konzumnih jaja (n=30)

Boja jaja	Bela	Braon	P - vrednost	Značajnost
n	15	15		
Masa jaja (g)	54,10±1,26	52,50±1,22	0,4597	nz
Oštećena jaja (%)	0,00	0,00	-	-
Prljava jaja (%)	60,00	33,33	0,2723	nz
Stepen zaprljanosti jaja	3,53±0,31	4,50±0,18	0,0100	*
Širina jaja (mm)	42,87±0,36	41,65±0,45	0,0632	nz
Dužina jaja (mm)	55,71±0,70	56,12±0,38	0,5470	nz



Boja jaja	Bela	Braon	P - vrednost	Značajnost
Indeks oblika jaja	77,04±0,70	74,23±0,76	0,0140	*
Oblik jaja				
Šiljata jaja (%)	0,00	33,33	0,0421	*
Normalan oblik jaja (%)	46,67	33,33	0,7104	nz
Okrugla jaja (%)	53,33	33,33	0,4621	nz
E _{uk}	86,43±1,85	53,59±2,01	<0,0001	*
Masa ljuske jaja (g)	7,15±0,19	7,35±0,22	0,3540	nz
Procenat ljuske jaja (%)	13,27±0,35	13,74±0,33	0,5664	nz
Debljina ljuske jaja (mm)	0,41±0,02	0,60±0,01	0,0004	*

E_{uk} – instrumentalno određena boja ljuske jaja

* Statistička značajnost na nivou $P < 0,05$; t: tendencija ($0,05 < P < 0,10$); nz: nije statistički značajno ($P > 0,05$)

- Različita slova između kolona ukazuju na statističku značajnost na nivou $P < 0,05$ (a-b)

TABELA 2.

Uticaj boje ljuske na pokazatelje kvaliteta belanca i žumanca konzumnih jaja (n=30)

Boja jaja	Bela	Braon	P - vrednost	Značajnost
n	15	15		
Pokazatelji kvaliteta belanca				
Masa belanca (g)	26,66±2,04	30,38±0,64	0,0970	nz
Procenat belanca (%)	49,66±3,68	57,94±0,55	0,0382	*
pH belanca	8,59±0,07	7,06±0,09	<0,0001	*
Širina belanca (mm)	73,83±2,26	59,61±1,02	<0,0001	*
Dužina belanca (mm)	100,00±7,07	68,97±1,26	0,0002	*
Visina belanca (mm)	4,42±0,55	8,92±0,25	<0,0001	*
Hugov indeks	60,87±6,03	96,04±1,03	<0,0001	*
Indeks belanca	2,61±0,33	6,97±0,23	<0,0001	*
Pokazatelji kvaliteta žumanca				
Masa žumanca (g)	18,07±0,84	15,40±0,47	0,0124	*
Procenat žumanca (%)	33,47±1,10	29,29±0,33	0,0010	*
pH žumanca	6,39±0,10	6,49±0,05	0,3156	nz
Širina žumanca (mm)	42,53±2,18	37,96±0,63	0,2691	nz
Visina žumanca (mm)	17,67±1,07	19,80±0,25	0,0567	nz
Indeks žumanca	43,59±3,34	49,94±0,85	0,0825	nz
Boja žumanca (senzorski)	11,23±0,42	9,13±0,20	<0,0001	*
L* vrednost	50,34±0,52	41,84±0,86	<0,0001	*
a* vrednost	5,17±0,39	3,58±0,32	0,0066	*
b* vrednost	35,01±0,67	24,41±1,05	<0,0001	*

E_{uk} – instrumentalno određena boja žumanca

* Statistička značajnost na nivou $P < 0,05$; t: tendencija ($0,05 < P < 0,10$); nz: nije statistički značajno ($P > 0,05$)

- Različita slova između kolona ukazuju na statističku značajnost na nivou $P < 0,05$ (a-b)



DISKUSIJA

U ovom istraživanju je zapaženo da su procenat prljavih jaja i stepen zaprljanosti ljuske najveći u grupi konzumnih jaja sa belom bojom ljuske (Tabela 1). Dobijeni rezultati se mogu objasniti činjenicom da bela boja ljuske konzumnih jaja omogućava lakše uočavanje nečistoće na ljusci. Svakako treba napomenuti da i drugi faktori imaju udela u stepenu zaprljanosti ljuske konzumnih jaja kao što su: uslovi skladištenja, način rukovanja, sanitarni i higijenski uslovi, način prikupljanja i rukovanja jajima (*Attia i sar., 2014*).

U ovom istraživanju, najveći indeks oblika zabeležen je kod belih jaja (Tabela 1). Takođe, indeks oblika konzumnih jaja sa belom bojom ljuske ukazuje na to da nemaju standardan oblik (između 72 i 76; *Duman i sar., 2016*), kao i na veći udeo jaja sa okruglim oblikom. Iako ne deluje kao bitan pokazatelj, indeks oblika utiče na procenat konzumnih jaja sa naprsлом ljuskom, imajući u vidu da okrugla jaja ili neuobičajeno dugačka jaja ne odgovaraju kartonskim pakovanjima (*Philippe i sar., 2020*). Samim tim se na osnovu rezultata ovog istraživanja može tvrditi da jaja sa belom bojom ljuske imaju najveći rizik od razbijanja u toku lanca proizvodnje konzumnih jaja. Instrumentalnim ispitivanjem boje ljuske konzumnih jaja, najmanja E_{uk} vrednost je utvrđena kod braon jaja, dok je najveća E_{uk} vrednost zabeležena kod belih jaja (Tabela 1). Dobijeni rezultati su u skladu sa drugim istraživanjem (*Baylan i sar., 2017*), koje navodi da jaja sa tamnijom bojom ljuske imaju niže E vrednosti, dok jaja sa svetlijom bojom ljuske imaju veće E vrednosti. U ranijim ispitivanjima utvrđeno je da masa i procenat ljuske zajedno sa indeksom oblika i debljinom ljuske predstavljaju značajane pokazatelje fizičkog kvaliteta jaja zbog njihovog uticaja na čvrstoću jaja, a samim tim i na učestalost polomljenih jaja u lancu proizvodnje konzumnih jaja (*Dalle Zotte i sar., 2021*). U ovom istraživanju utvrđeno je da bela jaja imaju najmanju debljinu ljuske (Tabela 1), što dodatno potvrđuje činjenicu da jaja sa pomenutom bojom ljuske imaju najveći rizik od razbijanja u toku lanca proizvodnje konzumnih jaja. Sa druge strane, kod braon jaja je utvrđena najveća debljina ljuske (Tabela 1). Dobijeni rezultati sugerišu da jaja tamnije boje imaju veću mehaničku otpornost ljuske tokom rukovanja, pakovanja, transporta i skladištenja. Samim tim, veća masa i debljina ljuske značajno utiču i na smanjenje ekonomske štete i smanjuju šanse za mikrobiološku kontaminaciju sadržaja jajeta (*Samiullah i sar., 2017; Sharaf Eddin i sar., 2019*). Pojedini autori (*Ingram i sar., 2008*) navode da veća čvrstina i debljina ljuske kod jaja sa tamnijom bojom ljuske (braon jaja) predstavljaju moguću sponu između procesa pigmentacije i kalcifikacije ljuske jajeta, što implicira da veća količina deponovanog pigmenta dovodi do taloženja veće količine kalcijuma i fosfora. Značajno je napomenuti da što duže traje proces formiranja ljuske to se veća koncentracija



pigmenata i minerala (kalcijuma i fosfora) deponuje na samu ljusku, što utiče na njenu čvrstinu i debljinu i dovodi do tamnije boje ljuske (*Yang i sar., 2009*).

Premda potrošači iskazuju veliku zabrinutost zbog spoljašnjih oštećenja i izgleda jajeta, sa aspekta kvaliteta je mnogo bitniji unutrašnji kvalitet jaja (*Mertens i sar., 2011; Hisasaga i sar., 2020*). U ovom istraživanju, kod braon jaja je utvrđena najniža pH vrednost belanca i najveće vrednosti indeksa belanca i Hugovog indeksa (Tabela 2). Sa starenjem konzumnih jaja, odnosno, njihovim dužim skladištenjem dolazi do likvefakcije belanca što rezultira manjom visinom i zauzimanja veće površine na podlozi, a kao rezultat dolazi do povećanja pH vrednosti belanca i smanjenja indeksa belanca i Hugovog indeksa (*Eke i sar., 2013; Yamak i sar., 2020; Philippe i sar., 2020; Karabasil i sar., 2020*). Dobijeni rezultati ukazuju na to da braon jaja imaju veću svežinu i bolji kvalitet u poređenju sa belim jajima. S obzirom na to da su konzumna jaja ispitivana u ovom istraživanju imala istu dužinu skladištenja, veća svežina i bolji unutrašnji kvalitet se mogu pripisati baktericidnom dejstvu koje protoporfirin-IX ispoljava u braon jajima (*Samiullah i sar., 2017*), pa je samim tim rast mikroorganizama slabiji u poređenju sa jajima bele boje ljuske (*Baylan i sar., 2017*). Pored toga, veća debljina ljuske braon jaja predstavlja zaštitnu barijeru koja sprečava prodor mikroorganizama i štiti sadržaj jajeta, što značajno utiče na sporije dejstvo spoljašnjih faktora na belance i žumance. Jedan od parametara svežine i kvaliteta jaja je indeks žumanca, koji se smanjuje tokom starenja (skladištenja) jaja (*Karabasil i sar., 2020*). Određene studije (*Mertens i sar., 2011; Attia i sar., 2014*) navode da niske vrednosti indeksa žumanca, mogu biti rezultat povećane propustljivosti vitelinske membrane, što dovodi do difuzije vode iz belanca u žumance, povećanja njegove površine i slabljenja vitelinske membrane. Pojedini autori (*Karabasil i sar., 2020*) kao optimalne vrednosti indeksa žumanca navode opseg od 32 do 58 %, dok vrednosti ispod 32% ukazuju na lošiji kvalitet konzumnih jaja. Na osnovu gore navedenih vrednosti možemo zaključiti da jaja u obe ispitivane grupe imaju dobar unutrašnji kvalitet (Tabela 2).

Boja žumanca je odraz mešavine pigmenta karotena i ksantofila koji zajedno spadaju u veliku grupu karotenoida (*Spasevski, 2018*). Ispitivanjem boje žumanca, kod belih jaja je utvrđena veća senzorna ocena u poređenju sa braon jajima (Tabela 2). Instrumentalnim ispitivanjem boje žumanca, manja L* (svetloća) i b* (udeo žute boje) vrednost je zabeležena kod braon jaja (Tabela 2). Međutim, boja ljuske ne može se smatrati faktorom koji može da utiče na boju žumanca konzumnih jaja, imajući u vidu da ona najviše zavisi od ishrane koka nosilja. Ishranom se unosi čak 60% pigmenata, s obzirom na to da koke nosilje ne mogu da sintetišu karotenoide sopstvenim biohemijskim procesima (*Samiullah i sar., 2017; Philippe i sar., 2020; Dalle Zotte i sar., 2021*).



| ZAKLJUČAK

Bolji kvalitet ljuske utvrđen je kod braon jaja (najveća debljina ljuske), dok je najslabiji kvalitet ljuske zabeležen kod belih jaja (najveći stepen zaprljanosti, a najveći indeks oblika).

- Bolji kvalitet belanca utvrđen je kod braon jaja (najveći indeks belanca i Hugov indeks), dok je najlošiji kvalitet belanca utvrđen kod belih jaja (najveća širina belanca, najveća dužina belanca, a najmanja visina belanca).

- Kvalitet žumanca nije imao signifikantne razlike između braon i belih jaja izuzev senzorne boje žumanca koja je bila veća kod belih jaja. Takođe procenat i masa žumanca su veća kod jaja bele ljuske.

| WHITE AND BROWN EGGS - IS THERE A DIFFERENCE IN QUALITY?

The aim of this study was to examine the quality of table eggs in relation to the shell colour (white, brown).

White eggs had the highest shape index, while brown eggs had the highest shell thickness. Brown eggs had the highest albumen index and Haugh index, while white eggs had the highest albumen width and length. In addition, white eggs had the highest weight and percentage of yolk. White eggs had a higher sensory score for yolk colour, as well as a higher L^* and b^* value of instrumentally determined yolk colour compared to brown eggs.

Based on the results of this study, it can be concluded that table eggs with brown shell are of better quality than those with white shell.

Key words: albumen index, albumen quality, eggshell colour, eggshell quality, yolk index

| LITERATURA

1. **Al-Rubaiee MAM, 2012,:** Comparison of egg quality of brown and white shell eggs produced by Iraqi local chicken breeds, *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.*, 2, 318-320.
2. **Attia YA, Al-Harathi MA, Shiboob MM, 2014,:** Evaluation of quality and nutrient contents of table eggs from different sources in the retail market. *Ital. J. Anim. Sci.*, 13, 369-376.
3. **Aygun A, 2014,:** The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs, *Indian J. Anim. Res.*, 48(3), 290-294.
4. **Baylan M, Celik LB, Akpınar GC, Alasahan S, Kucukgul A, Dogan SC, 2017,:** Influence of eggshell colour on egg yolk antibody level, incubation results, and growth in broiler breeders, *Rev. Bras. de Zootec.*, 46, 105-112.



5. **Čobanović N, Suvajdžić B, Karabasil N, 2021.**: Ocena kvaliteta konzumnih jaja, 30. Savetovanje živilara (online), 03-05. Novembar, Beograd, Živilarstvo, br. 7/8, 2021, 4-36.
6. **Čobanović, N., Todorović, N., Kovandžić, M., Vičić, I., Suvajdžić, B., Grković, Nevena., & Karabasil, N. (2022).**: Assesment of marketed table egg quality originating from different production system. *Meat Technology*, 63(1), 66-76
7. **Dalle Zotte A, Cullere M, Pellattiero E, Sartori A, Marangon A, Bondesan V, 2021.**: Is the farming method (cage, barn, organic) a relevant factor for marketed egg quality traits? *Livest. Sci.*, 246, 104453.
8. **Drabik K, Karwowska M, Wengerska K, Próchniak T, Adamczuk A, Batkowska J, 2021.**: The Variability of Quality Traits of Table Eggs and Eggshell Mineral Composition Depending on Hens' Breed and Eggshell Color, *Animals*, 11(5), 1204.
9. **Duman M, Şekeroğlu A, Yıldırım A, Eleroğlu H, Camcı Ö, 2016.**: Relation between egg shape index and egg quality characteristics, *Eur. Poult. Sci.*, 80, 1-9.
10. **Eke MO, Olaitan NI, Ochefu JH, 2013.**: Effect of storage conditions on the quality attributes of shell (table) eggs, *Niger. Food J.*, 31, 18-24.
11. **Hisasaga C, Griffin SE, Tarrant KJ, 2020.**: Survey of egg quality in commercially available table eggs, *Poultry Sci.*, 99(12), 7202-7206.
12. **Ingram DR, Hatten LF, Homan KD, 2008.**: A study on the relationship between eggshell color and eggshell quality in commercial broiler breeders, *Int. J. Poult. Sci.*, 7(7), 700-703.
13. **Karabasil N, Savić-Radovanović R, Stajković S, Čobanović N, Suvajdžić B, 2020.**: Kontrola namirnica animalnog porekla - Praktikum, Centar za izdavačku delatnost i promet učila, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine.
14. **Ketta M, Tůmová E, 2016.**: Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review, *Czech J. Anim. Sci.*, 61(7), 299-309.
15. **Kopacz M, Dražbo A, 2018.**: Changes in the quality of table eggs depending on storage method and time, *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production*, 14, 37-45.
16. **Li XY, Xu GY, Hou ZC, Zhao R, Yang N, 2006.**: Variation of eggshell colour in different egg-type chickens, *Arch. für Geflügelkunde*, 70(6), 278-282.
17. **Mertens K, Kempes B, Perianu C, De Baerdemaeker J, Decuypere E, De Keteleere B, Bain M, 2011.**: Advances in egg defect detection, quality assessment and automated sorting and grading, Improving the safety and quality of eggs and egg products, 209-241.
18. **Odabasi AZ, 2003.**: Shell color and other quality attributes of brown eggs as affected by the hens' age and vanadium in their diet, Doctoral dissertation, University of Florida.
19. **Pavlović M, Ivanović S, Nešić K, 2020.**: Egg production in Serbia, *Worlds Poult. Sci. J.*, 76, 259-269.
20. **Pavlovski Z, Škrbić Z, Cmiljanić R, Lukić M, 2007.**: Sistem garantovanog kvaliteta jaja u odnosu na propise EU i zahteve potrošača, *Savrem. poljopr.*, 56, 1-2.



21. **Philippe FX, Mahmoudi Y, Cinq-Mars D, Lefrançois M, Moula N, Palacios J, Pelletier F, Godbout S, 2020.**: Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens, *Livest. Sci.*, 232, 103917.
22. **Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019.**: Službeni glasnik RS, broj 7/19 od 6. februara 2019. godine.
23. **Samiullah S, Omar AS, Roberts J, Chousalkar K, 2017.**: Effect of production system and flock age on eggshell and egg internal quality measurements, *Poult. Sci.*, 96, 246-258.
24. **Sharaf Eddin A, Ibrahim SA, Tahergorabi R, 2019.**: Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation, *Food Chem.*, 296, 29-39.
25. **Soria MA, Bueno DJ, Bernigaud IIC, 2013.**: Comparison of quality parameters in hen's eggs according to egg shell color, *Int. J. Poult. Sci.*, 12(4), 224-234.
26. **Spasevski N, 2018.**: Uticaj primene različitih izvora prirodnih pigmenta na boju žumanca i ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje na profil masnih kiselina u jajima, Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
27. **Yamak US, Sarica M, Erensoy K, Ayhan V, 2021.**: The effects of storage conditions on quality changes of table eggs, *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 16(1), 71-81.
28. **Yan YY, Sun CJ, Lian L, Zheng JX, Xu GY, Yang N, 2013.**: Effect of uniformity of eggshell thickness on eggshell quality in chickens, *J. Poult. Sci.*, 51, 338-342.
29. **Yang HM, Wang ZY, Lu J, 2009.**: Study on the relationship between eggshell colors and egg quality as well as shell ultrastructure in Yangzhou chicken, *Afr. J. Biotechnol.*, 8, 2898-2902.

