

Živinarstvo

GOD. LV

Br. 7-8 2021.



STRUČNO-NAUČNI ČASOPIS

ISSN 0354-4036

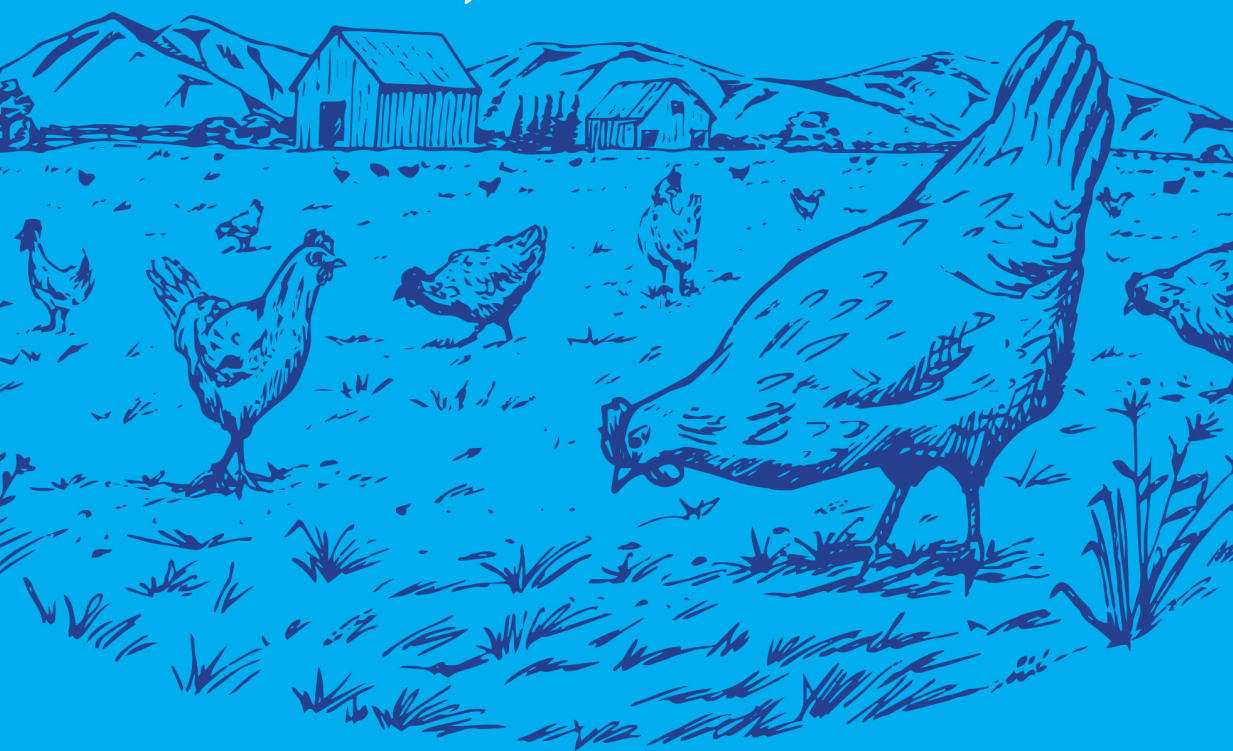
30.

SAVETOVANJE ŽIVINARA

Živinarstvo

21.9-24.9.2021.

Tara, hotel "Omorika"



GENERALNI SPONZORI SAVETOVANJA



MSD
Animal Health



MarloFarma

ZLATNI SPONZOR

innovax[®]
ILT
ND-IBD

SREBRNI SPONZOR

Exzolt[™]
FLURALANER



STRUČNO-NAUČNI ČASOPIS

GOD. LV – BR. 7-8

BEOGRAD 2021.

Izdavač

Ciiip Živinarstvo

Centar za informisanje, izdavaštvo,
inovacije i propagandu – Beograd

Direktor

Dipl. vet. Dušanka Čobanović

Glavni i odgovorni urednik

Prof. dr Todor Palić

Tehnički urednik

Dr sci. vet. med. Nikola Čobanović

Kompjuterska i grafička priprema
Aleksandar Petrović

Štampa „M' Co“ Beograd

Adresa redakcije:

11000 Beograd, p. fah 18,

Bul. oslobođenja 18

(Veterinarski fakultet)

Tel/faks: 011/2644-841

e-mail: ciiip-z@eunet.rs

dusanka.cobanovic@gmail.com

Kontakt vreme:

Sreda i četvrtak od 11 do 13 časova



SADRŽAJ

OCENA KVALITETA KONZUMNIH JAJA	2
SVEČANOST POVODOM OBELEŽAVANJA DANA VETERINARSKE SLUŽBE VOJSKE SRBIJE	35
AKTIVNOST GRUPACIJE PROIZVOĐAČA ŽIVINSKOG MESA I JAJA SA STATISTIČKIM POKAZATELJIMA	38
KRIPTOSPORIDIOZA ŽIVINE	43
INFORMACIJA O POJAVI AVIJARNE INFLUENCE KOD DIVLJIH PTICA	47
IN MEMORIAM	48
SVETSKI DAN JAJA – DRUGI PETAK U OKTOBRU	49
IN MEMORIAM	52
LISTAMO STARE BROJEVE...	53
ENGLESKI U RAZNIM SITUACIJAMA – XLVIII	57

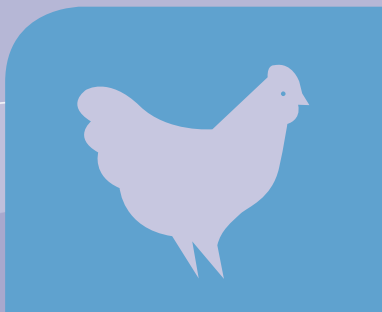
Pretplata na časopis za 2021. godinu:

za pravna lica **5.500* din.**, za pojedince **2.500* din.**, za inostranstvo **100* EUR.**

Tekući račun: **CIIIP „Živinarstvo“ 160-419455-92**

Devizni žiro račun: **RS35-160-0053800014340-49**

Primljeni rukopisi se ne vraćaju



OCENA KVALITETA KONZUMNIH JAJA

N. ČOBANOVIĆ, B. SUVAJDŽIĆ, N. KARABASIL¹

KRATAK SADRŽAJ

Ocena kvaliteta konzumnih jaja obuhvata indirektnu (zahtevaju razbijanje ljuske) i direktnu (nije potrebno razbiti ljusku) metode pregleda. Od indirektnih metoda najčešće se primenjuju prosvetljavanje (lampiranje jaja) i denzimetrija. Direktnu metode pregleda jaja dele se na metode određivanja spoljašnjeg i unutrašnjeg kvaliteta jaja. U metode za određivanje spoljašnjeg kvaliteta jaja ubrajaju se pregled jaja u ljusci, ispitivanje mase jaja, ispitivanje oblika jaja, ispitivanje mase i procenta ljuske jaja, ispitivanje debljine ljuske jaja, ispitivanje kvaliteta kutikule, ispitivanje čvrstoće ljuske jaja i ispitivanje boje ljuske jaja. U metode za određivanje unutrašnjeg kvaliteta jaja ubrajaju se metoda otvorenog jajeta, ispitivanje pH vrednosti jaja, određivanje Hugovog indeksa, određivanje indeksa belanca i žumanca, ispitivanje jačine vitelinske membrane, određivanje boje žumanca i utvrđivanje odstupanja mirisa i ukusa. Stalni nadzor i kontrola kvaliteta, zajedno sa unapređenjem tehnologije proizvodnje, presudni su za proizvodnju konkurentnih i kvalitetnih konzumnih jaja i proizvoda od jaja kako za domaće tržište tako i za izvoz.

Ključne reči: kvalitet konzumnih jaja, direktne metode, indirektnu metode.

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*). Sa nutritivnog aspekta se smatraju je-

¹ Doc. dr Nikola Čobanović; dr. sci, vet. Branko Suvajdžić, asistent; prof. dr Nedeljko Karabasil, Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu. Rad saopšten na 29. Savetovanju živinara ONLINE

dinstvenom i dobro izbalansiranom namirnicom kako za decu tako i za odrasle: ona predstavljaju “skladište” velike količine visokokvalitetnih proteina, esencijalnih masnih kiselina, holesterola, vitamina, minerala (posebno gvožđa i fosfora) i nekoliko biološki aktivnih jedinjenja (promoteri rasta, antivirusne i antibakterijske supstance) (*Abdel-Nour i sar., 2011, Soria i sar., 2013, Pavlović i sar., 2020, Dalle Zotte i sar., 2021*). Konzumna jaja se ubrajaju u limitiranu kategoriju hrane koja sadrži svih devet esencijalnih aminokiselina koje čovek ne može da sintetiše (*Moula i sar., 2013*). Pored toga, veoma su pristupačna, imaju nisku cenu i popularan ukus koji ih čine odličnom namirnicom za sve potrošače bez obzira na religijske i kulturološke razlike (*Moula i sar., 2013, Dalle Zotte i sar., 2021*).

Kvalitet jaja za ishranu se ocenjuje prema osobinama osnovnih sastojaka ove namirnice. To su pre svega ljuska, opna (vazдушna komora) i sadržaj (belance i žumanca) (*Duman i sar., 2016*). Ocena kvaliteta konzumnih jaja obuhvata indirektnu i direktnu metodu pregleda (*Montenegro i sar., 2019*). **Od indirektnih metoda najčešće se primenjuju prosvetljavanje (lampiranje jaja) i denzimetrija** (*Karabasil i sar., 2020*). **Direktnu metodu pregleda jaja se dele na metode određivanja spoljašnjeg i unutrašnjeg kvaliteta jaja.** U metode za određivanje spoljašnjeg kvaliteta jaja ubrajaju se pregled jaja u ljusci, ispitivanje mase jaja, ispitivanje oblika jaja, ispitivanje mase i procenta ljuske jaja, ispitivanje debljine ljuske jaja, ispitivanje kvaliteta kutikule, ispitivanje čvrstoće ljuske jaja i ispitivanje boje ljuske jaja (*Karabasil i sar., 2020*). U metode za određivanje unutrašnjeg kvaliteta jaja ubrajaju se metoda otvorenog jajeta, ispitivanje pH vrednosti jaja, određivanje Hugovog indeksa, određivanje indeksa belanca i žumanca, ispitivanje jačine vitelinske membrane, određivanje boje žumanca i utvrđivanje odstupanja mirisa i ukusa (*Karabasil i sar., 2020*). Pri oceni kvaliteta jaja po potrebi se mogu obaviti mikrobiološko i hemijsko ispitivanje (*Terčić et al., 2012*).

| INDIREKTNE METODE ZA OCENU KVALITETA JAJA

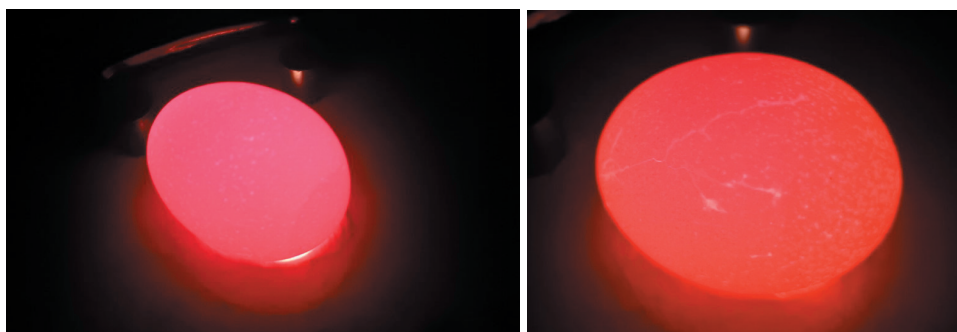
Prosvetljavanje (lampiranje) jaja

Metoda lampiranja jaja je u upotrebi još od 1920. godine kako bi se identifikovala jaja koja imaju mrlje, naprsnuća, prozirnu ljusku, uvećanu ili pokretnu vazдушnu komoru (*Mertens i sar., 2011*). U praksi se kvalitet jaja vrlo često ocenjuje ovom metodom, koja predstavlja najjednostavniju i najčešće primenjivanu metodu pregleda jaja u ljusci (*Abdel-Nour, 2008*). Prednost ove metode je to što je nedestruktivna, brza i što se može rutinski koristiti u objektima za pakovanje jaja (*De Ketelaere i sar., 2004, Abdel-Nour, 2008*). Kako bi se dobili pouzdani rezultati najbolje je da se metoda lampiranja izvodi u zamračenoj prostoriji (*De Ketelaere i sar., 2004, Abdel-Nour, 2008*). Oprema koja se koristi za izvođenje



ove metode može da varira od vrlo jednostavnih ručno napravljenih aparata do sofisticiranih uređaja u kojima se vrši i pranje, klasiranje i razvrstavanje jaja na osnovu veličine i pakovanja jaja (*De Ketelaere i sar., 2004, Abdel-Nour, 2008*). Nezavisno od vrste uređaja koji se koristi, svako pojedinačno jaje mora da bude ispitano metodom prosvetljavanja (*De Ketelaere i sar., 2004, Abdel-Nour, 2008*). Međutim, sa povećanjem kapaciteta mašina za sortiranje, koje mogu da klasiraju i više od 120.000 jaja na sat, javljaju se poteškoće u izvođenju metode prosvetljavanja, usled čega ona gubi na pouzdanosti (*De Ketelaere i sar., 2004, Abdel-Nour, 2008*).

Prosvetljavanje (lampiranje) se izvodi tako što se jaja, koja se ispituju, postave između oka posmatrača i svetlosnog izvora iz koga se u propuštenoj svetlosti posmatra topografija unutrašnjosti jajeta (Slika 1) (*Abdel-Nour, 2008, Mertens i sar., 2011, Karabasil i sar., 2020*). Pri prosvetljavanju svežih jaja žumance se jedva uočava (zbog toga što je belance gusto), nije jasno ograničeno od belanca i pri okretanju jaja ne menja svoj položaj (*Abdel-Nour, 2008, Karabasil i sar., 2020*). Žumance svežeg jajeta je pravilnog, okruglog oblika i zauzima centralni položaj. Kod svežih jaja belance je bistro, a halaze se naziru, dodirni sloj između belanca i žumanca se ne uočava jasno, a vazдушna komora nije viša od 6 mm (*Karabasil i sar., 2020*). Kod starijih jaja vazдушna komora je povećana, a žumance se jasnije uočava, manje ili više je pokretno, poprima ovalan oblik i počinje da se povećava. Dodirni sloj između belanca i žumanca postaje jasniji (*Karabasil i sar., 2020*). Metodom prosvetljavanja se mogu uočiti i krvne mrlje koje se vide kao tamno crvene tačkice u sadržaju jajeta (*Abdel-Nour, 2008*). Prilikom prosvetljavanja jaja sa lošim kvalitetom ljuske i sa napuklom ljuskom su mnogo prozirnija usled prisustva vode u ljusci (Slika 1) (*Mertens i sar., 2011*).



Slika 1. Pregled jaja metodom lampiranja (prosvetljavanja)

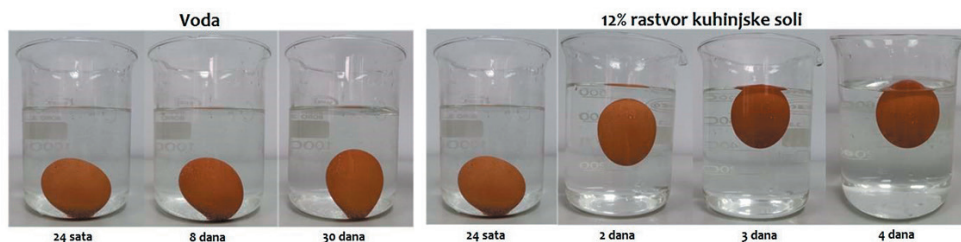
Gubitak mase jaja tokom skladištenja je jedan od bazičnih elemenata na osnovu koga se određuju kvalitet i svežina jaja (*Brodacki i sar., 2019*). Gubitak mase jaja može da bude posledica povećanja permeabilnosti ljuske, povećanja

pora na površini ljuske i isušivanja kutikule i membrane ljuske tokom skladištenja jaja (Kopacz i sar., 2018). Gubitak vlage i gasova (CO_2) dovodi do smanjenja zapremine belanca, što za posledicu ima povećanje visine vazdušne komore (Kopacz i sar., 2018). Visina vazdušne komore predstavlja jedini kvantitativni pokazatelj svežine jaja na osnovu koga se vrši njihovo razvrstavanje u individualne klase kvaliteta (Karoui i sar., 2006, Kopacz i sar., 2018, Brodacki i sar., 2019). Za merenje visine vazdušne komore se koristi metalna ili drvena pločica sa izrezom koji je podudaran sa širim krajem jajeta i na kojoj je označena skala koja omogućava čitanje visine vazdušne komore (Karabasil i sar., 2020). U maloprodaji, kod jaja „A” klase vazdušna komora mora da bude niža od 6 mm sve do isteka roka upotrebe (Karoui i sar., 2006, Kopacz i sar., 2018). Kod jaja „ekstra A” klase vazdušna komora ne sme da bude viša od 4 mm, pri čemu nije dopušteno odstupanje u visini vazdušne komore ni u trenutku pakovanja, ni u trenutku uvoza (Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019). U slučaju da se utvrdi da je vazdušna komora viša od 6 mm jaja se ubrajaju u „B” klasu (Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019).

Denzimetrija (specifična težina)

Za određivanje svežine jaja i kvaliteta ljuske primenjuje se i metoda denzimetrije (određivanje specifične težine), razvijena od strane Olsson (1934), koja se zasniva na gubitku mase jajeta zbog isparavanja vode tokom stajanja, usled čega se, između ostalog, povećava i vazdušna komora (Mertens i sar., 2011, Karabasil i sar., 2020). Specifična težina se može definisati kao vrednost koja se dobija izračunavanjem mase jajeta i mase jajeta jednake zapremini vode (Steele, 1957). Izvodi se relativno jednostavno i stoga se može svrstati u rutinsku metodu, što je od velikog značaja kada je u ispitivanje uključen veliki broj uzoraka. Druga prednost ove metode, posebno u ekonomskom smislu, je to što spada u nedestruktivne metode (Steele, 1957). Ova metoda se ređe koristi, jer nema toliko praktičan značaj kao lampiranje (Karabasil i sar., 2020).

Tokom skladištenja, i samim tim starenja konzumnih jaja, dolazi do gubitka ugljen dioksida kroz pore na ljusci, dok u sadržaj jajeta ulazi kiseonik, pri čemu dolazi do stvaranja mehurića vazduha koji se nakupljaju na mestima gde su bili voda i ugljen dioksid, što se manifestuje plutanjem jajeta kao posledica gubitka mase kada se stavi u sud sa vodom ili vodenim rastvorom kuhinjske soli (Eke i sar., 2013). Postupak utvrđivanja starosti jaja metodom denzimetrije se izvodi tako što se ispitivani uzorak jajeta stavlja u sud sa običnom vodom ili u sud sa 12% rastvorom kuhinjske soli, a zatim se na osnovu položaja u sudu utvrđuje starost jajeta (Slika 2). Ukoliko se metodom denzimetrije utvrdi da su jaja starija od 28 dana proglašavaju se higijenski neispravnim za javnu potrošnju (Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019, Karabasil i sar., 2020).



Slika 2. Utvrđivanje starosti jaja na osnovu metode denzimetrije

Opšte je prihvaćeno da metoda denzimetrije (određivanje specifične težine jaja) predstavlja dobru metodu za ispitivanje kvaliteta ljuske, iako predstavlja indirektan pokazatelj debljine ljuske jajeta (Steele, 1957, Ingram i sar., 2008). Veća specifična težina ukazuje na deblju ljusku jajeta što je poželjno sa aspekta industrije jaja (Aygün, 2014). Postupak određivanja specifične težine u cilju određivanja debljine ljuske se sastoji u potapanju svakog pojedinačnog uzorka jajeta u slani rastvor sa koncentracijama od 1,0 do 1,10 sa intervalom od 0,02 (Duman i sar., 2016, Crosara i sar., 2019). Minimalna koncentracija slanog rastvora u kojoj jaje pluta smatra se njegovom specifičnom težinom. Vrednosti za specifičnu težinu konzumnih jaja kreću se u rasponu od 1,06 do 1,1 g/cm³ (Fu-Min i sar., 2014). Smatra se da specifična težina konzumnih jaja dobrog kvaliteta treba da bude iznad 1,08 g/cm³, jer manje vrednosti ukazuju da jaja nisu sveža ili da imaju isuviše tanku ljusku. Nezavisno od drugih kriterijuma, jaja manje veličine će imati veću specifičnu težinu kao rezultat ujednačenijeg kvaliteta ljuske (Fu-Min i sar., 2014).

DIREKTNE METODE ZA OCENU KVALITETA JAJA

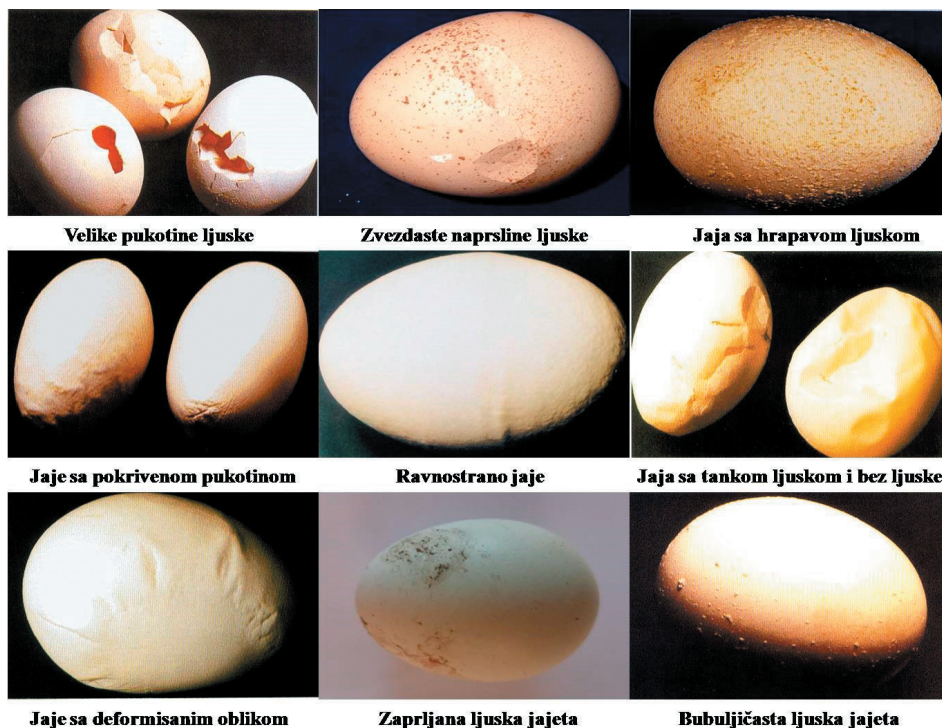
Metode određivanja spoljašnjeg kvaliteta jaja

Ljuska predstavlja prirodni materijal za pakovanje koji obezbeđuje zaštitu sadržaja jajeta (belance i žumance), omogućava transport hranljivih materija i onemogućava prodiranje potencijalno štetnih mikroorganizama koji mogu da dovedu do kvara jaja (Mertens i sar., 2011). Kvalitet ljuske je kritičan pokazatelj za industriju jaja, a dodatan značaj dobija sa automatizacijom proizvodnog procesa (Montenegro et al., 2019). Na jaja sa različitim stepenom oštećenja ljuske otpada 8 do 10% od ukupnog broja proizvedenih jaja usled čega nastaju veliki ekonomski gubici za primarne proizvođače i industriju jaja, s obzirom na to da kao takva ne mogu da se stave u maloprodaju ili imaju nisku tržišnu vrednost, što smanjuje profit i povećava količinu otpada (Ketta i Tůmová, 2016, Montenegro i sar., 2019, Philippe i sar., 2020). Stoga je od velikog značaja kontinuirano

praćenje kvaliteta ljuske kako bi se utvrdila problematična jata i preduzele odgovarajuće korektivne mere (Montenegro i sar., 2019).

Pregled jaja u ljusci

Pri pregledu jaja u ljusci obraća se pažnja na čistoću, boju ljuske, oblik jajeta i prisustvo oštećenja i pukotina (Abdel-Nour, 2008, Karabasil i sar., 2020). Poželjno je da se ljuska jajeta pomiriše, jer sveže jaje miriše na kreč (Karabasil i sar., 2020). Ljuska jajeta treba da bude čista, glatka, neoprana i bez naprslina i pukotina, a jaja treba da budu ujednačene boje, veličine i oblika (Pavlovski i sar., 2007, Moula i sar., 2013, Hassan, 2013). Najčešće mane koje se mogu zapaziti prilikom pregleda jaja u ljusci prikazane su na slici 3.



Slika 3. Najčešće mane prilikom pregleda jaja u ljusci

Stepen zaprljanosti ljuske jaja može da varira u odnosu na uslove skladištenja, način rukovanja, sanitarne i higijenske uslove, metode prikupljanja i manipulacije jajima (Attia i sar., 2014). Različiti stresogeni faktori (npr. neadekvatni uslovi sredine ili socijalni stres) mogu da dovedu do nastanka većeg broja pega (mrlja) na površini ljuske jaja (Mertens i sar., 2011). Prljavština i mrlje na



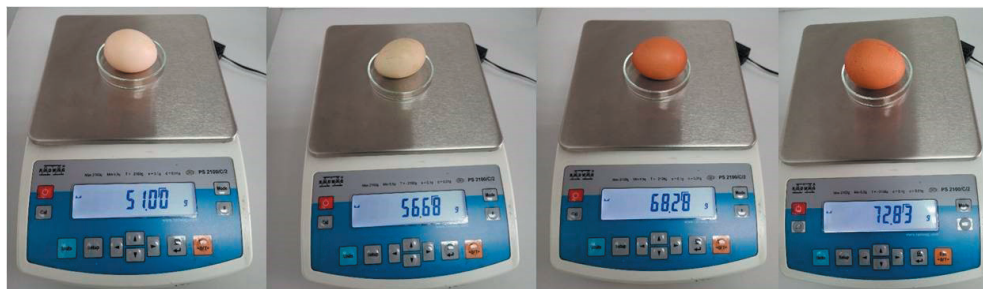
površini konzumnih jaja najčešće nastaju usled kontaminacije fecesom (crne do svetlobraon mrlje), mokraćnom kiselinom (bele mrlje), krvlju (crvene mrlje), žumancem (bele mrlje) ili belancem (*Mertens i sar., 2011*). Ukoliko je ljuska jaja zaprljana to će dovesti do odbojnosti kod potrošača prilikom kupovine, pa se kao takva ne mogu staviti u maloprodaju (*Hassan, 2013, Soria i sar., 2013*). Čak i uz dobre zoohigijenske uslove na farmi i pažljivo rukovanje, uvek postoji određeni procenat prljavih jaja (*Soria i sar., 2013*). Primarni proizvođači moraju imati u vidu da prljava jaja na sebi nose veliki broj mikroorganizama koji mogu da dovedu do kvara ukoliko prodru u unutrašnjost jajeta (*Mertens i sar., 2011, Soria i sar., 2013*). Preporučuje se da se prljava jaja striktno razdvajaju od čistih, koja moraju biti zapakovana u čiste i suve materijale za pakovanje (*Soria i sar., 2013*). Jaja se smatraju prljavim ukoliko je prljavština primećena na više od 5% ljuske jajeta (*Philippe i sar., 2020*). Pored toga čistoća ljuske jaja može da se određuje na osnovu bod sistema, ocenama od 1 do 5 na sledeći način: (5) besprekorno čista (odsustvo prljavštine i tragova fecesa i/ili prostirke); (4) izuzetno čista (izuzetno čista i bez tragova fecesa i/ili prostirke); (3) dovoljno čista (jaja imaju čistu ljusku i prihvatljiv izgled, nema tragova fekalnog materijala i/ili prostirke); (2) prihvatljivo čista (ljuska nije čista, ali nema tragova fekalnog materijala i/ili prostirke); (1) prljava jaja (ljuska nije čista, prisutan fekalni materijal i/ili prostirka) (*Attia i sar., 2014*).

Različiti faktori mogu da povećaju rizik od oštećenja ljuske jaja, uključujući kvalitet ljuske, genetsku predispoziciju, rukovanje jajima, kvalitet vode za potapanje ili pranje jaja (u državama gde je to dozvoljeno) i temperaturu skladištenja (*Sharaf Eddin i sar., 2019*). Pored toga, slaba perivitelinska membrana predstavlja predisponirajući faktor za nastanak oštećenja na ljusci jaja (*Sharaf Eddin i sar., 2019*). Potrošači pokazuju odbojnost prema jajima sa oštećenjima (*Hassan, 2013*). Takođe, usled velike učestalosti razbijenih jaja ili jaja sa oštećenom ljuskom nastaju znatni ekonomski gubici kako kod primarnih proizvođača tako i u industriji proizvoda od jaja i to na dva načina: (i) takva jaja se ne mogu staviti u promet kao jaja "ekstra A" klase ili "A" klase, odnosno, ne mogu da budu namenjena javnoj potrošnji (maloprodaji), već se mogu koristiti za dobijanje proizvoda od jaja; (ii) pojava čak i tankih, jedva vidljivih pukotina na ljusci koje se mogu zapaziti samo prosvetljavanjem, povećava rizik od kontaminacije bakterijama, kako tog jajeta, tako i ostalih jaja ukoliko dođe do izlivanja sadržaja (belanca i žumanca), što ima negativne posledice na spoljašnji i unutrašnji kvalitet jaja, a svakako da predstavlja i rizik po bezbednost potrošača (*Mertens i sar., 2011, Hassan, 2013, Sharaf Eddin i sar., 2019*). Procenat jaja sa oštećenom ljuskom (%) se izračunava sabiranjem polomljenih jaja i deljenjem sa ukupnim brojem ispitanih jaja (*Attia i sar., 2014*).

Masa jaja

Masa jaja je direktno proporcionalna sadržaju belanca, žumanca i ljuske i predstavlja važnu osobinu koja utiče na kvalitet jaja kao i na njihovo klasiranje koje ne zahteva razbijanje ljuske (Soria i sar., 2013, Samiullah i sar., 2017). Masa jaja utiče na procenat i debljinu ljuske jajeta, indeks oblika i specifičnu težinu koja se smanjuje sa povećanjem mase jajeta (Crosara i sar., 2019). Masa jaja se povećava tokom perioda nosivosti, dok se debljina i čvrstoća ljuske obično smanjuju (Duman i sar., 2016). Utvrđeno je da jaja sa većom masom imaju veći rizik da se razbiju tokom rukovanja i transporta u poređenju sa jajima manje mase, što ima negativne efekte na prodaju i potrošnju, a može se pripisati povećanoj mikrobiološkoj kontaminaciji (Soria i sar., 2013, Attia i sar., 2014).

Jaja se na osnovu mase klasiraju u odgovarajuće kategorije: „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) (Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019). Pri utvrđivanju klase jaja po masi, uzima se srednja vrednost mase od najmanje 30 jaja, s tim da se masa svakog pojedinačnog jajeta nalazi u granicama te klase (Pravilnik o kvalitetu jaja, 2019). Postupak se izvodi tako što se masa svakog pojedinačnog jajeta (od ukupno 30) meri na vagi sa tačnošću $\pm 0,05$ g, nakon čega se utvrđuje klasa jaja na osnovu dobijene mase (Slika 4) (Karabasil i sar., 2020).



Slika 4. Ispitivanje mase konzumnih jaja

Oblik jaja

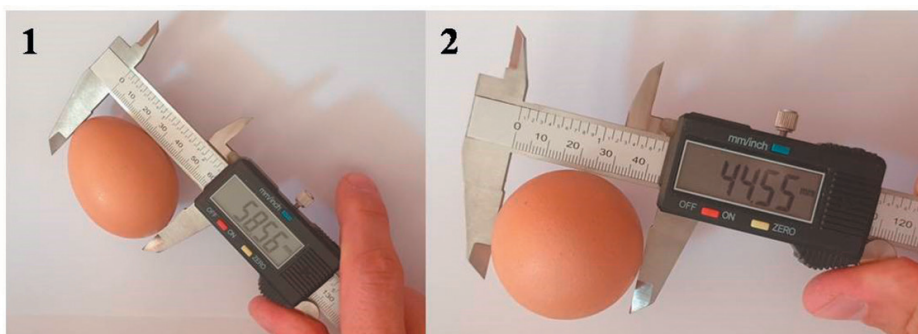
Jaja mogu biti različitog oblika, što se može utvrditi određivanjem indeksa oblika koji predstavlja odnos širine i dužine jaja (Yang i sar., 2009, Duman i sar., 2016, Sharaf Eddin i sar., 2019). Iako indeks oblika može da izgleda kao manje značajan pokazatelj kvaliteta jaja, on utiče na udeo jaja sa napuklom ljuskom imajući u vidu da okrugla jaja (tj. veći indeks oblika) pokazuju veću otpornost prema lomljenju, dok duguljast oblik povećava rizik da se jaja otkotrljaju iz gnezda, što za posledicu može da ima oštećenje ljuske (Philippe i sar., 2020).



Kada su jaja dugačka i uska, okrugla, pljosnata, ne mogu se klasirati kao jaja „A” klase (sveža jaja) koja imaju ovalan oblik (Duman i sar., 2016). Okrugla jaja i neuobičajeno dugačka jaja imaju neprihvatljiv izgled i ne odgovaraju kartonskim pakovanjima, usled čega postoji veća verovatnoća da se oštete ili razbiju, u poređenju sa jajima normalnog oblika (Duman i sar., 2016, Crosara i sar., 2019). Indeks oblika jaja se određuje merenjem dužine i širine jaja u milimetrima pomoću digitalnog kalipera sa preciznošću od 0,01 mm (Slika 5). Indeks oblika jaja se zatim izračunava na osnovu sledeće formule (Yang i sar., 2009):

$$\text{Indeks oblika} = \frac{\check{s}}{d} \times 100$$

pri čemu je \check{s} = širina jajeta (mm); d = dužina jajeta (mm).



Slika 5. Merenje dužine (1) i širine (2) jajeta u cilju određivanja indeksa oblika

Normalna (standardna) jaja imaju indeks oblika između 72 i 76, jaja sa šiljatim oblikom imaju indeks oblika manji od 72, dok okrugla jaja imaju indeks oblika veći od 76 (Slika 6) (Duman i sar., 2016).



Jaje okruglog oblika

Jaje normalnog oblika

Jaje izduženog oblika

Slika 6. Konzumna jaja različitog oblika

Masa i procenat ljuske jaja

Masa i procenat ljuske, zajedno sa indeksom oblika i debljinom ljuske jaja, predstavljaju značajne pokazatelje fizičkog kvaliteta jaja, jer utiču na čvrstoću ljuske, a samim tim i na učestalost polomljenih jaja prilikom rukovanja i transporta (*Dalle Zotte i sar., 2021*). Utvrđeno je da manja jaja imaju veći procenat ljuske, odnosno, da se sa povećanjem mase jajeta smanjuje procenat ljuske (*Steele, 1957*). Masa i procenat ljuske se određuju nakon razbijanja jaja i odvajanja sadržaja jajeta (belance i žumance) separatorom za jaja (*Soria i sar., 2013*). Pre merenja mase ljuske i određivanja njenog procenta treba ukloniti unutrašnju membranu, oprati ljusku (*Samiullah i sar., 2017*), a zatim je osušiti u pećnici na 55°C preko noći, nakon čega treba izvršiti merenje na vagi sa tačnošću ±0,05 g (Slika 7) (*Yan i sar., 2014*). Drugi autori predlažu da se, pre određivanja mase, ljuska osuši u pećnici pri 90°C tokom 24 časa (*Philippe i sar., 2020*) ili pri 100°C tokom 20 časova (*Steele, 1957*). Masa ljuske može da se određuje i bez sušenja u pećnici (*Jin i sar., 2011*), a pre ispitivanja ljuska može da se obriše i papirnim ubrusom (*Dalle Zotte i sar., 2021*).



Slika 7. Određivanje mase ljuske konzumnih jaja

Nakon određivanja mase ljuske, određuje se procenat ljuske (%), koji predstavlja odnos mase ljuske i mase celog jajeta (*Soria i sar., 2013, Samiullah i sar., 2017*) i izračunava se na osnovu sledeće formule:

$$\text{Procenat ljuske jajeta} = \frac{M_{lj}}{M_0} \times 100$$

pri čemu je M_0 = masa celog jajeta; M_{lj} = masa ljuske jajeta nakon sušenja.



Normalne vrednosti za ljusku jajeta variraju u rasponu od 9 do 12% od ukupne mase jajeta (*Odabaši, 2003*). Na sobnoj temperaturi, procenat ljuske iznosi oko 9,91%, dok je pri ekstremno visokim temperaturama utvrđeno smanjenje procenta ljuske od 5,79% (*Steele, 1957*). Ovo ukazuje na to da ambijentalna temperatura ima veliki uticaj na ovaj pokazatelj kvaliteta jaja, što treba uzeti u obzir prilikom izvođenja ove metode (*Steele, 1957*).

Debljina ljuske jaja

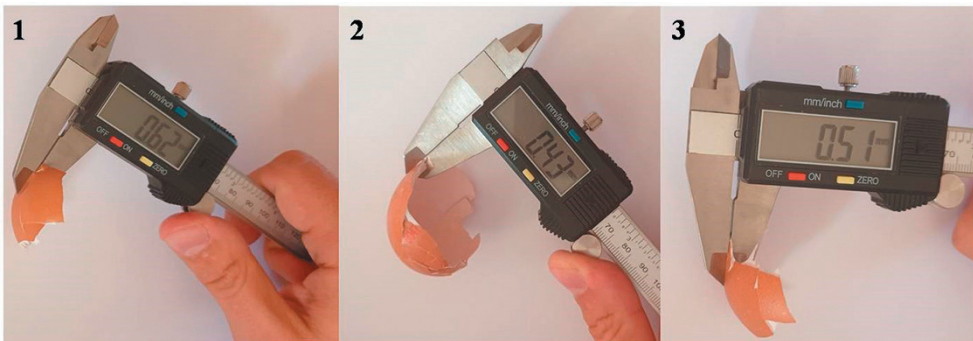
Debljina ljuske se smatra jednim od najznačajnijih indirektnih pokazatelja kvaliteta ljuske jaja (*Mertens i sar., 2011, Yan i sar., 2014, Ketta i Tůmová, 2016*). Utvrđeno je da se sila loma ljuske jaja značajno smanjuje kada je njena debljina manja od 0,33 mm, usled čega se učestalost oštećenja ljuske povećava (*Steele, 1957, Ingram i sar., 2008*). Kada je reč o konzumnim jajima, ljuska treba da bude dovoljno jaka kako bi se sprečilo njihovo razbijanje tokom pakovanja i transporta (*Hassan, 2013, Samiullah i sar., 2017, Philippe i sar., 2020*). Smatra se da jaja dobrog kvaliteta treba da imaju debljinu ljuske od 0,34 do 0,35 mm (*Pavlovski i sar., 2007, Đukić-Stojčić et al., 2009*). Određivanje debljine ljuske predstavlja jednu od metoda izbora za ispitivanje jačine ljuske, koja je veoma pouzdana ukoliko se odredi na nekoliko mesta na ljusci pri čemu se kao rezultat uzima srednja vrednost i ako je pre merenja uklonjena membrana sa ljuske kako ne bi imala uticaj na pouzdanost dobijenih rezultata (*Steele, 1957, Mertens i sar., 2011*). Iako je metoda za određivanje debljine ljuske veoma laka za izvođenje i ne zahteva veliki utrošak vremena, njen nedostatak je to što zahteva adekvatno odlaganje slomljene ljuske i sadržaja jaja, kao i to što se takva jaja ne mogu staviti u promet, pa predstavljaju ekonomski gubitak (*Steele, 1957*).

Ne debljinu ljuske jaja utiče starost jata, ishrana, stres i svetlosni režim (*Dalle Zotte i sar., 2021*). Utvrđeno je linearno smanjenje debljine ljuske jaja sa povećanjem starosti jata, što se može pripisati promenama u metabolizmu kalcijuma i fosfora kod starijih koka nosilja koje zavise od veličine i mase jajeta (*Crosara i sar., 2019, Sharaf Eddin i sar., 2019*). Starije koke nosilje ili imaju manju sposobnost apsorpcije kalcijuma i fosfora neophodnih za izgradnju kristala kalcijum karbonata tokom ciklusa formiranja ljuske ili se ista količina distribuira na relativno veću površinu ljuske, usled čega se mogu zapaziti promene u mikrostrukтури ljuske (*Samiullah i sar., 2017, Dalle Zotte i sar., 2021*). Ovo dovodi do smanjenja kvaliteta fizičke barijere, koje može da utiče i na strukturu ljuske jajeta (*Crosara i sar., 2019*). Kao posledica pomenutih promena u metabolizmu kalcijuma i fosfora, dolazi do veće učestalosti oštećenja ljuske jaja pri kraju perioda nosivosti, pa je samim tim rukovanje sa jajima poreklom od starijih koka nosilja otežano i treba ga obavljati sa posebnom pažnjom (*Mertens i sar., 2011, Sharaf Eddin i sar., 2019*).

Za određivanje debljine ljuske se koristi digitalni kaliper ili mikrometar sa konusnim vrhom sa preciznošću od 0,001 mm (Moula i sar., 2013, Crosara i sar., 2019). Postoje različiti pristupi prilikom određivanja debljine ljuske jaja. Debljina ljuske jajeta može da se određuje na tri nasumično odabrana mesta na ekvatorijalnom delu jajeta, pri čemu se kao konačan rezultat uzima aritmetička sredina (Moula i sar., 2013, Soria i sar., 2013, Samiullah i sar., 2017, Philippe i sar., 2020). Međutim, s obzirom na to da je debljina ljuske različita na različitim mestima na jajetu, došlo je do uvođenja novog pokazatelja kvaliteta – ujednačenost debljine ljuske jajeta (Yan i sar., 2014). Iako je debljina najznačajniji faktor koji doprinosi mehaničkoj čvrstoći ljuske jajeta, veća debljina ljuske ne znači nužno da će jaja imati jaču ili tvrđu ljusku (Yan i sar., 2014). Izračunavanjem debljine ljuske na većem broju mesta na jajetu, dobija se podatak o ujednačenosti debljine ljuske, koji je u pozitivnoj korelaciji sa silom loma ljuske, što pruža novi pristup za dobijanje informacija o čvrstoći ljuske jajeta (Yan i sar., 2014). U cilju određivanja ujednačenosti debljine ljuske, merenje treba sprovesti na šiljatom, tupom i ekvatorijalnom delu jajeta (Slika 8) (Yuan i sar., 2016, Baylan i sar., 2017, Kopacz i sar., 2018). Ujednačenost debljine ljuske jajeta se izračunava na osnovu sledeće formule:

$$\text{Debljina ljuske} = \frac{(D_s + D_e + D_t)}{3} \times 100$$

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).



Slika 8. Merenje debljine ljuske na šiljatom (1), ekvatorijalnom (2) i tupom (3) delu jajeta

Na osnovu ispitivanja ujednačenosti debljine ljuske jajeta, može se zaključiti da jaja sa tankom ali ujednačenom debljinom ljuske imaju jaču ljusku u poređenju sa jajima koja imaju deblju ali neujednačenu debljinu ljuske (Yan i sar., 2014).



Pojedini autori smatraju da zbog jednostavnosti i brzine određivanja debljine ljuske, membrane treba ostaviti netaknute. Pored toga, uklanjanje membrane predstavlja otežavajuću okolnost prilikom određivanja debljine ljuske jaja, posebno u slučaju kada postoji veliki broj uzoraka za ispitivanje i kada se određivanje kvaliteta ljuske sprovodi često (Steele, 1957). Međutim, kako bi se dobili pouzdani rezultati, potrebno je ukloniti membranu sa ljuske jajeta (Moula i sar., 2013, Crosara i sar., 2019). Uklanjanje membrane se izvodi tako što se nakon razbijanja ljuske i izručivanja sadržaja jajeta u Petrijevu šolju, ljuska potapa u 10% rastvor natrijum hidroksida (NaOH) tokom 10 minuta, a zatim se ispira u destilovanoj vodi i osuši na sobnoj temperaturi do početka određivanja debljine ljuske bez membrane. Takođe, na ovaj način se može odrediti i debljina membrane koja se definiše kao razlika između debljine ljuske sa i bez membrane, a na osnovu sledeće formule (Crosara i sar., 2019):

$$\text{Debljina membrane} = D_{\text{ljuska sa membranom}} - D_{\text{ljuska bez membrane}}$$

pri čemu je $D_{\text{ljuska sa membranom}}$ = debljina ljuske sa membranom (mm); $D_{\text{ljuska bez membrane}}$ = debljina ljuske bez membrane (mm).

Kutikula ljuske jaja

Kutikula predstavlja poslednji sloj ljuske jajeta, koji u određenoj meri prekriva pore na njenoj površini, čime se ograničava difuzija vlage i gasova (Odabaši, 2003, Mertens i sar., 2011, Ketta i Tůmová, 2016). Takođe, kutikula je jedan od ključnih faktora za protekciju jajeta od prodiranja bakterija kroz ljusku u belance i žumance: što je slabiji kvalitet kutikule, to je veća propustljivost ljuske jajeta (Mertens i sar., 2011). Mehaničkim pranjem se uklanja sloj kutikule, usled čega se povećava rizik od prodiranja bakterija u jaja (Odabaši, 2003). Najčešće korišćena metoda za ocenu kvaliteta kutikule je bojenje svakog pojedinačnog jajeta MST plavo indikatorom u toku jednog minuta, nakon čega se vrši ispiranje vodom za piće dva do tri puta. Bojenje kutikule MST plavo indikatorom je pouzdan pokazatelj količine kutikule koja je prisutna na ljusci jajeta (Ketta i Tůmová, 2016). Druga metoda za ocenjivanje kvaliteta kutikule podrazumeva da se uzorak jajeta najpre potopi u vodeni rastvor tetrazina i Zeleno S (Green S) u toku jednog minuta, nakon čega se uzorak ispira kako bi se uklonio višak boje. Nakon bojenja i ispiranja, jaja treba osušiti da bi se izvršila kvantifikacija količine kutikule, koja se zasniva na razlici između intenziteta boje jajeta pre i posle bojenja korišćenjem kolorimetra (Mertens i sar., 2011, Sharaf Eddin i sar., 2019).

Čvrstoća ljuske jaja

Čvrstoća ljuske je jedna od osnovnih osobina konzumnih jaja. Ljuska mora da ima prosečnu čvrstoću od oko 4 kg/cm^2 (Pavlovski i sar., 2007). Veća čvrstina ljuske je povezana sa smanjenom lomljivšću i povećanom otpornošću na mehanička oštećenja tokom transporta i skladištenja. Jaja sa napuklom ili polomljenom ljuskom dovode do ekonomskih gubitaka i povećavaju rizik od bakterijske kontaminacije belanca i žumanca (Samiullah i sar., 2017, Sharaf Eddin i sar., 2019). Na čvrstoću ljuske utiče njena mikrostruktura, debljina, specifična težina, masa, zapremina, površina i procenat ljuske (Duman i sar., 2016). Čvrstoća ljuske jaja može da se odredi na dva načina: a) određivanjem deformacije ljuske i b) utvrđivanjem sile loma ljuske (Mertens i sar., 2011, Karabasil i sar., 2020).

Sila loma ljuske jajeta i sila deformacije ljuske jajeta predstavljaju pokazatelje na osnovu kojih se utvrđuje sposobnost ljuske da izdrži određenu silu (Samiullah i sar., 2017). Veća sila loma ljuske jajeta, kao i veća sila deformacije ljuske jajeta ukazuju na veću čvrstoću ljuske, koja je samim tim otpornija na mehanička oštećenja tokom rukovanja, transporta ili skladištenja (Samiullah i sar., 2017).

Prednosti metode određivanja sile deformacije ljuske su u tome što je nedestruktivna, odnosno, što se u toku ispitivanja jaje ne razbija, a dobijene vrednosti su relativno pouzdane. Za ovu svrhu koristi se analizator teksture sa odgovarajućim alatima, kojima se optereti tačka na ekvatoru jajeta (Karabasil i sar., 2020). Postupak podrazumeva da se ispitivano jaje postavi horizontalno između dve ravne ploče analizatora teksture nakon čega se vrši kompresija konstantnom brzinom od $0,2 \text{ mm/s}$ (Yan i sar., 2014, Karabasil i sar., 2020). Nakon što uređaj dostigne maksimalnu silu od 10 N (Njutn) u ekvatorijalnom delu ispitivanog jajeta, kompresija automatski prestaje, a analizator teksture registruje koliko deformaciju je izazvalo opterećenje na ljusci, pri čemu se dobijena vrednost izražava u N/mm (Yan i sar., 2014, Karabasil i sar., 2020). Merenje treba izvršiti u tri ponavljanja na tri jednako udaljene tačke na ekvatorijalnom delu svakog jajeta, a kao konačan rezultat treba uzeti srednju vrednost (Yan i sar., 2014). Uobičajena vrednost za deformaciju ljuske jajeta iznosi oko 138 N/mm (Karabasil i sar., 2020).

Određivanje sile loma ljuske, kao najznačajnija metoda direktnog ispitivanja kvaliteta ljuske, podrazumeva razbijanje jaja u cilju utvrđivanja sile koja je potrebna da bi ljuska pukla (Yan i sar., 2014, Karabasil i sar., 2020). Pouzdanija je od metode ispitivanja deformacije ljuske jajeta, ali se primenjuje samo onda kada se ispitivana jaja neće dalje upotrebljavati (Karabasil i sar., 2020). Postoji veliki broj faktora od kojih zavisi jačina sile loma, a najznačajniji su debljina



ljuske, veličina jajeta, oblik jajeta, veličina pora, debljina membrane, sadržaj proteina, kalcijuma, mangana i magnezijuma u ljusci i membranama ljuske (*Karabasil i sar., 2020*). I za ovu metodu se koristi analizator teksture sa odgovarajućim alatima. Postupak podrazumeva da se ispitvano jaje postavi na stalak analizatora teksture, nakon čega se uključuje analizator teksture i očitava sila loma ljuske jajeta u kg/cm^2 (*Sharaf Eddin i sar., 2019, Karabasil i sar., 2020*). Uobičajene vrednosti za silu loma ljuske jajeta se kreću između 4 i 5 kg/cm^2 (*Karabasil i sar., 2020*).

Boja ljuske jaja

Iako postoji mala ili indirektna 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, Mertens i sar., 2011, Soria i sar., 2013, Sharaf Eddin i sar., 2019*). U slučaju konzumnih jaja, boja ljuske može da bude bela, braon, zelena i plava (*Sharaf Eddin i sar., 2019, Drabik i sar., 2021*). Ispitivanjem boje ljuske jaja kod više od 100 vrsta ptica, utvrđeno je da ona zavisi od tri osnovna pigmenta, tj. protoporfirina-IX, biliverdina-IX i cink-helata, koji u različitim kombinacijama daju ljusci sve moguće nijanse (*Li i sar., 2006, Aygun, 2014, Baylan i sar., 2017, Sharaf Eddin i sar., 2019, Drabik i sar., 2021*). Najveća koncentracija ovih pigmenata se nalazi u kutikuli jajeta, mada se u određenoj količini nalaze i u ljusci (*Odabaşi, 2003, Mertens i sar., 2011*). Protoporfirin-IX nastaje kao rezultat razgradnje hemoglobina u krvi (*Odabaşi, 2003, Yang i sar., 2009*), dok se biliverdin-IX sintetiše u žlezdama u jajovodu nakon čega dolazi do njegovog deponovanja na ljusku jajeta (*Yang i sar., 2009*). Suprotno ovome, pojedini autori navode da se i biliverdin-IX i protoporfirin-IX sintetišu u žlezdama jajovoda, nakon čega se istovremeno deponuju na ljusci jajeta, pri čemu brzina taloženja dostiže maksimalan nivo na kraju procesa formiranja ljuske (*Drabik i sar., 2021*). Jaja sa zelenom ili plavom ljuskom imaju veći sadržaj biliverdina-IX i cink-helata, dok je protoporfirin-IX identifikovan kao dominantan pigment ljuske braon jaja uz prisustvo pigmenta biliverdina u tragovima (*Odabaşi, 2003, Aygun, 2014, Samiullah i sar., 2017, Baylan i sar., 2017, Drabik i sar., 2021*). Gvožđe, cink i mangan, takođe, učestvuju u formiranju tamnije boje ljuske, pa se stoga nalaze u većoj količini u jajima sa braon bojom ljuske (*Drabik i sar., 2021*). Jaja sa plavom ljuskom predstavljaju hibride jaja sa belom i braon ljuskom, i u pojedinim delovima sveta su prihvatljiva zbog bolje čvrstine ljuske koja potiče od kombinovanja pozitivnih svojstava jaja različitim bojom ljuske (*Li i sar., 2006*). U slučaju kada se protoporfirin-IX deponuje na belo jaje daje braon boju, a kada dođe do njegovog deponovanja na jaja sa

plavom ljuskom nastaje zelena boja (Yang i sar., 2009). Jaja sa belom ljuskom ne sadrže pigmente ili sadrže protoporfirin, ali u izuzetno maloj koncentraciji (Odabaši, 2003, Drabik i sar., 2021).

Boja ljuske jaja ima značajan uticaj na mnoge karakteristike, kako tehnološke tako i biološke (Drabik i sar., 2021). Kod jaja sa plavom ljuskom utvrđena je najveća aktivnost enzima lizozima, koji ima antimikrobnu ulogu koja se ogleda u hidrolizi polisaharida iz ćelijskog zida različitih vrsta bakterija (Drabik i sar., 2021). Nedavno je utvrđeno da braon pigment ljuske jaja ima fotodinamički zavisnu baktericidnu funkciju prema Gram pozitivnim bakterijama (Samiullah i sar., 2017), usled čega je rast mikroorganizama manji u poređenju sa jajima sa drugom bojom ljuske (Baylan i sar., 2017). Utvrđeno je da je boja ljuske u značajnoj korelaciji sa kvalitetom jaja i da utiče na njihovu održivost, specifičnu težinu, kao i na čvrstoću, masu i debljinu ljuske (Yang i sar., 2009, Aygun, 2014, Drabik i sar., 2021). Biliverdin ima izražen antioksidativni efekat usled čega jaja sa zelenom ili plavom bojom ljuske imaju veću održivost (Baylan i sar., 2017). Sa druge strane, jaja sa braon ljuskom imaju bolji kvalitet ljuske u pogledu veće jačine i debljine, dok jaja sa belom ljuskom imaju bolji kvalitet belanca (Ingram i sar., 2008, Samiullah i sar., 2017, Baylan i sar., 2017, Drabik i sar., 2021). Veća debljina i čvrstoća ljuske jaja sa braon bojom ukazuju na potencijalnu povezanost između procesa pigmentacije i kalcifikacije ljuske jaja, pri čemu veća količina deponovanog pigmenta dovodi do deponovanja veće količine kalcijuma (Ingram i sar., 2008). Protoporfirini-IX se akumuliraju u delovima ljuske gde je manja količina deponovanog kalcijuma (Drabik i sar., 2021). Osim toga, usled dužeg trajanja procesa formiranja ljuske deponuje se sve veća koncentracija pigmenata i kalcijuma, što ne čini ljusku samo čvršćom i debljom, već se razvija i tamnija boja (Yang i sar., 2009). Suprotno većini studija, pojedini autori (Ketta i Tůmová, 2016) su utvrdili veću jačinu ljuske kod jaja sa belom ljuskom u poređenju sa jajima sa braon ljuskom.

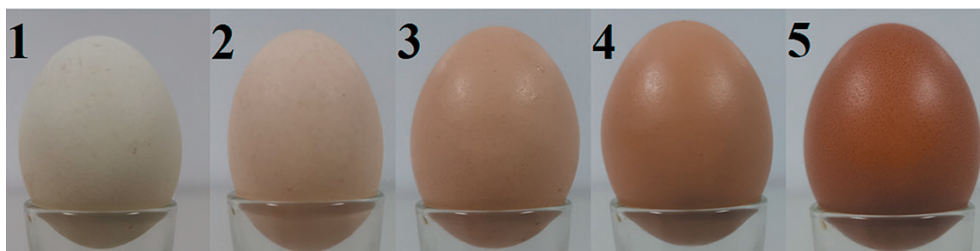
Prihvatljivost potrošača u odnosu na boju ljuske jaja znatno varira u različitim delovima sveta (Li i sar., 2006, Yang i sar., 2009, Hassan, 2013, Aygun, 2014). Ovo svakako utiče i na cenu konzumnih jaja, pa se preporučuje da se u prometu sortiraju prema boji ljuske (Hassan, 2013). Takođe, postoje i regionalne preferencije prema boji ljuske jaja što može snažno da utiče na izbor genetskog tipa koka nosilja za određeno tržište (Soria i sar., 2013). Imajući u vidu navike potrošača, jaja sa braon ljuskom imaju značajan udeo na svetskom tržištu (Odabaši, 2003). Iako se boja jaja ne može dovesti u direktnu vezu sa unutrašnjim kvalitetom jaja (belanca i žumanca), potrošači u mnogim delovima sveta pokazuju spremnost da izdvoje veću sumu novca za kupovinu jaja sa braon ljuskom (Odabaši, 2003). Pored toga, potrošači smatraju jaja sa braon ljuskom prirodnijim i zdravijim u poređenju sa jajima sa belom bojom ljuske (Soria i sar., 2013).



Kod potrošača u Kini, Južnoj Koreji, Portoriku, Australiji, Novom Zelandu, Francuskoj, Italiji, Velikoj Britaniji, Portugalu i Irskoj primećena je veća prihvatljivost jaja sa braon ljuskom, pri čemu pomenute država spadaju u najveće proizvođače i potrošače konzumnih jaja u svetu (*Odabaši, 2003, Aygun, 2014*). U Velikoj Britaniji postoji izražena sklonost potrošača ka konzumiranju jaja sa tamnobraon ljuskom, usled čega ona imaju znatno veću tržišnu cenu (*Odabaši, 2003*). Potrošači iz Sjedinjenih Američkih Država (SAD) i Švedske pretežno konzumiraju jaja sa belom ljuskom (*Li i sar., 2006*). Sa druge strane, potrošači iz Nemačke, Holandije i Španije jednako konzumiraju jaja braon i bele boje ljuske.

Iako na ljusci jajeta postoje manja ili veća variranja u boji i nijansi boje, svakako da je ujednačena boja ljuske jajeta jedan od ciljeva primarnih proizvođača (*Li i sar., 2006*). Ujednačenost boje ljuske jaja zapakovanih u kartonska pakovanja imaju izuzetno značajnu ulogu i u prihvatljivosti od strane potrošača (*Odabaši, 2003, Pavlovski i sar., 2007*). Vrlo često potrošači pokazuju sklonost ka kupovini jaja sa ujednačeno braon bojom ljuske, pre nego ka tamno braon boji ljuske (*Odabaši, 2003*), što je mnogo poželjnije u poređenju sa jajima sa različitim nijansom boje ljuske i jajima sa mrljama (*Soria i sar., 2013*).

Postoji veliki broj faktora koji imaju uticaj na boju i intenzitet boje ljuske, uključujući genetske faktore, godišnje doba, ishranu, starost koka nosilja, zdravstveno stanje jata, sve vrste stresnih stimulusa, dužinu skladištenja i aplikaciju lekova (*Odabaši, 2003, Pavlovski i sar., 2007, Yang i sar., 2009, Mertens i sar., 2011, Aygun, 2014, Duman i sar., 2016, Samiullah i sar., 2017, Sharaf Eddin i sar., 2019*). Primećeno je da se intenzitet boje ljuske, naročito braon jaja, smanjuje sa povećanjem starosti koka nosilja (*Aygun, 2014, Sharaf Eddin i sar., 2019*). Ovaj fenomen je u direktnoj vezi sa povećanjem veličine i mase jaja sa starošću koka nosilja bez proporcionalnog povećanja količine deponovanih pigmenta na površinu ljuske (*Odabaši, 2003, Yang i sar., 2009, Mertens i sar., 2011*). Kao posledica toga, veća površina ljuske starijih koka nosilja je pokrivena nepromenjenom količinom pigmenta, što rezultira svetlijom bojom jaja (*Yang i sar., 2009*). Takođe, boja ljuske jajeta pruža informacije i o zdravstvenom stanju jata ili o prisustvu stresogenih faktora kod koka nosilja koje nose jaja sa braon ljuskom (*Mertens i sar., 2011, Baylan i sar., 2017, Sharaf Eddin i sar., 2019*). Ove informacije se mogu koristiti za rano otkrivanje stresnih stanja ili nadolazeće bolesti jata pre pojave ozbiljnih zdravstvenih problema ili problema sa kvalitetom jaja (*Baylan i sar., 2017*). Opšte je poznato da prisustvo stresa ili infektivnih bolesti negativno utiče na deponovanje pigmenta na ljusku tokom procesa formiranja jaja (*Mertens i sar., 2011*). Stres i virusna oboljenja koja uzrokuju zapaljenske promene u reproduktivnom traktu dovode do pojave blede boje ljuske jaja kao posledica prevremenog završetka procesa pigmentacije (*Mertens i sar., 2011*).



Slika 9. Standard za senzornu ocenu boje ljuske jaja (Grading eggshell color standard)

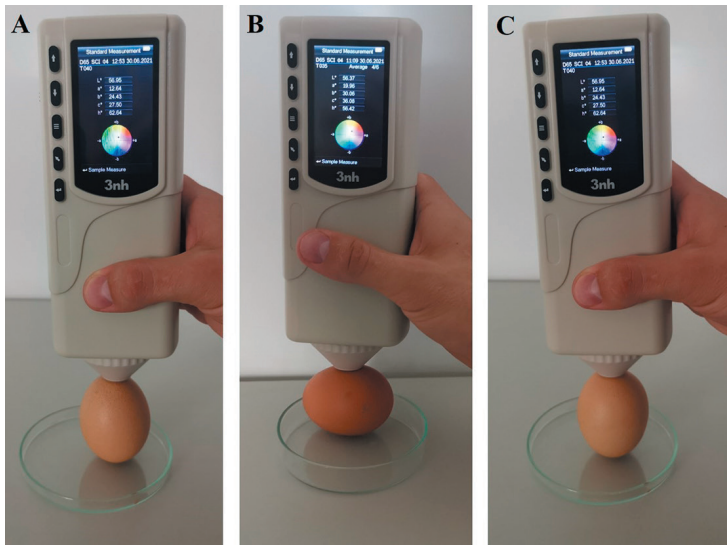
Boja ljuske može da se određuje pre i posle uklanjanja sloja kutikule, senzorski i instrumentalno (Samiullah i sar., 2017). Senzorsko određivanje boje ljuske se zasniva na korišćenju *Grading eggshell color* standarda, pri čemu mogu biti dodeljene ocene od 1 (svetla) do 5 (tamna) (Slika 9) (Yuan i sar., 2016). Postupak se izvodi tako što se boja ljuske ispitivanog jajeta upoređuje sa standardom za boju, nakon čega se dodeljuje odgovarajuća ocena (Karabasil i sar., 2020).

Za instrumentalno određivanje boje ljuske jajeta se koristi ručni kolorimetar (Ketta i Tůmová, 2016). U praksi se instrumentalno boja ljuske najčešće određuje na osam nasumično odabranih tačaka na tupom delu jajeta, pri čemu se kao rezultat uzima aritmetička sredina dobijenih L^* , a^* i b^* vrednosti (Slika 10) (Li i sar., 2006). Imajući u vidu visoki koeficijent korelacije između vrednosti instrumentalno određene boje na osam nasumično odabranih tačaka na tupom delu jajeta, i činjenicu da je srednja vrednost osam merenja bila približna pojedinačnom merenju, pojedini autori smatraju da postoji ujednačenost u boji ljuske jajeta (Li i sar., 2006). Kako bi se pojednostavilo instrumentalno određivanje boje ljuske jajeta, isti autori predlažu da se merenje sprovodi u jednoj tački (na tupom kraju jajeta), što će znatno smanjiti vreme koje je potrebno za ispitivanje bez smanjenja pouzdanosti merenja (Li i sar., 2006). Tupi kraj jajeta ima dodatnu prednost prilikom instrumentalnog određivanja boje jer sonda kolorimetra dobro naleže na površinu ljuske bez propuštanja spoljašnje svetlosti, čime se dodatno povećava pouzdanost merenja (Li i sar., 2006).

Jedna od novijih metoda za ispitivanje boje ljuske je određivanje E vrednosti koja pokazuje ujednačenost boje ljuske (Baylan i sar., 2017). Niža E vrednost ukazuje na tamniju boju ljuske jajeta i obrnuto (Baylan i sar., 2017). Određivanjem L^* , a^* i b^* vrednosti na tupom, oštrm i ekvatorijalnom delu jajeta (Slika 10), E vrednost se izračunava na osnovu sledeće formule (Baylan i sar., 2017):

$$E \text{ vrednost} = \sqrt{(L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})}$$

pri čemu je L^* = svetloća boje; a^* = udeo crvene boje; b^* = udeo žute boje.



Slika 10. Instrumentalno određivanje boje ljuske na šiljatom (A) ekvatorijalnom (B) i tupom (C) delu jajeta

Kao konačan rezultat se uzimaju aritmetičke sredine pokazatelja instrumentalno određene boje na šiljatom, tupom i ekvatorijalnom delu jajeta (*Baylan i sar., 2017*). Korišćenjem srednjih vrednosti instrumentalno određene boje ljuske na pomenuta tri mesta, E vrednost boje ljuske celog jajeta se određuje na osnovu sledeće formule (*Baylan i sar., 2017*):

$$E_{uk} \text{ vrednost} = \frac{(E_s + E_e + E_t)}{3}$$

pri čemu je E_{uk} = vrednost boje ljuske celog jajeta; E_s = E vrednost šiljatog dela jajeta; E_e = E vrednost na ekvatorijalnom delu jajeta; E_t = E vrednost tupog dela jajeta.

Na osnovu E vrednosti boje ljuske celog jajeta, jaja se mogu podeliti na tamna jaja ($E_{uk} < 64$), jaja normalne boje (E_{uk} vrednost između 64 i 67) i svetla jaja ($E_{uk} > 67$) (*Baylan i sar., 2017*).

METODE ODREĐIVANJA UNUTRAŠNJEG KVALITETA JAJA

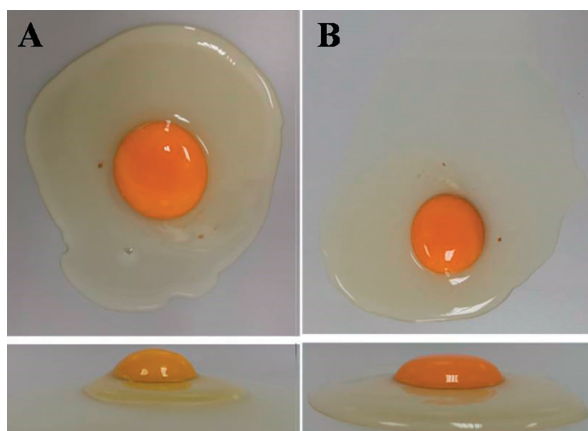
Iako potrošači pokazuju zabrinutost zbog polomljene ili oštećene ljuske jaja tokom kupovine, sa aspekta kvaliteta je mnogo značajniji unutrašnji kvalitet jaja (Mertens i sar., 2011, Hisasaga i sar., 2020). Ocena unutrašnjeg kvaliteta jaja se zasniva na kvalitetu belanca i žumanca, kao i na prisustvu krvnih ili mesnih mrlja (Abdel-Nour, 2008). Efikasno sakupljanje, hlađenje i skladištenje pri optimalnim vrednostima temperature i relativne vlažnosti vazduha su od ogromnog značaja za održavanje karakterističnih svojstava konzumnih jaja (Hisasaga i sar., 2020). Stoga je od velikog značaja kontinuirano praćenje unutrašnjeg kvaliteta konzumnih jaja kako bi se utvrdile kritične kontrolne tačke u lancu proizvodnje i preduzele odgovarajuće korektivne mere.

Metoda otvorenog jajeta

Metoda otvorenog jajeta spada u destruktivnu metodu za koju je potrebno polomiti ljusku, odvojiti sadržaj u čistu posudu ravnog dna i svetle površine, nakon čega treba ispitati boju, miris i ukus (proba kuvanja ili pečenja), konzistenciju, prisustvo stranih materija, kao i odnos belance : žumance (Karabasil i sar., 2020). Belance svežeg jajeta se sastoji od debelog i tankog sloja, koji u tri koncentrična kruga (tanki sloj, debeli fibrozni sloj i spoljašnji tanki sloj) okružuje centralno položeno žumance polukružnog oblika (Abdel-Nour, 2008, Hassan, 2013). Tanki sloj belanca vodenaste konzistencije, dok debeli sloj belanca ima želatinoznu strukturu i formira kapsulu oko žumanca koja je neprobojna kod svežih jaja (Abdel-Nour, 2008, Hassan, 2013). Žumance svežih jaja treba da je okruglo, čvrsto, nepomično i žute boje, da ima prijatan i blag miris i ukus na jaja (Hassan, 2013).

Kada se sveža konzumna jaja razbiju na ravnu i glatku površinu, žumance je okruglog oblika, okruženo je velikom količinom gustog belanca i pozicionirano u centru (Slika 11A) (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour i sar., 2011). Tokom skladištenja, želatinozna struktura debelog sloja belanca menja svoja fizička i hemijska svojstva i prelazi iz stabilne želatinske forme u vodenastu formu, čime gubi svoju karakterističnu konzistenciju (Abdel-Nour, 2008, Hassan, 2013, Kopacz i sar., 2018). Sa starenjem konzumnih jaja, smanjuje se količina gustog belanca, a povećava se količina retkog belanca koje zauzima veliku površinu i dolazi do promene položaja žumanca koje gubi centralni položaj i pomereno je u stranu (Slika 11B) (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour i sar., 2011).

Veliki broj mehanizama dovodi do likvefakcije (razvodnjavanja) belanca uključujući enzime proteaze, depolimerizaciju hidroksilnim jonom pri povećanju pH vrednosti, redukciju redukcionim sredstvima na bazi tiola i interakcijom sa lizozimom (Abdel-Nour, 2008). Proteolitički enzimi, hidroksilni jon i disulfidna



Slika 11. Ispitivanje kvaliteta jaja metodom otvorenog jajeta: A – sveže jaje; B – staro jaje

veza dovode do depolimerizacije ovomucina što za posledicu ima razvodnjavanje (likvefakciju) belanca (Abdel-Nour, 2008). Tokom starenja konzumnih jaja, povećava se zapremina žumanca, usled čega dolazi do slabljenja vitelinske membrane, što za posledicu ima promenu oblika žumanca koji iz poluloptastog prelazi u spljošten oblik (Slika 11B) (Eke i sar., 2013, Kamotani, 2009, Brodacki i sar., 2019). Promena oblika žumanca primarno nastaje kao posledica povećanja sadržaja vode u žumanca usled osmotske migracije vlage iz belanca kroz vitelinsku membranu u cilju izjednačavanja koncentracije (pritiska) između dve faze (tj. belanca i žumanca) (Eke i sar., 2013, Kopacz i sar., 2018).

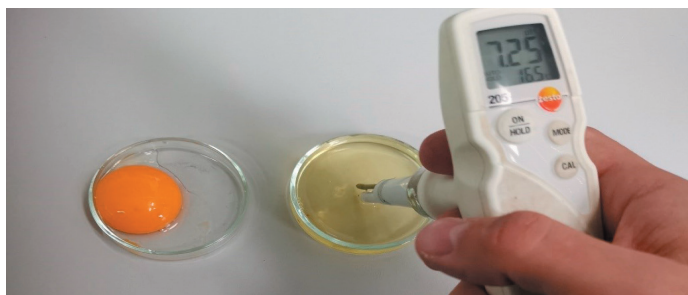
Konzumna jaja sa dobrim kvalitetom ne smeju da imaju krvne mrlje, tragove pigmentata i mesne mrlje (Abdel-Nour, 2008, Hassan, 2013, Sharaf Eddin i sar., 2019). Krvne mrlje nastaju usled pucanja krvnih sudova u jajniku ili jajovodu, genetske predispozicije, povećanog sadržaja vitamina A i K u hrani, antagonizma prema vitaminu K (lek sulfakvinoksalin i neke komponente lucerke), prisustva toksina, stresa i različitih oboljenja (Pavlovski i sar., 2007). Na pojavu mesnih mrlja može da utiče genotip i starost koka nosilja, pri čemu se kod jaja bele boje ljuske pojavljuju u većem procentu (Pavlovski i sar., 2007).

pH vrednost jaja

pH belanca i žumanca je pouzdan pokazatelj svežine jaja jer ukazuje na niz hemijskih reakcija koje se odigravaju u jajetu tokom perioda skladištenja (Jin i sar., 2011, Eke i sar., 2013, Dalle Zotte i sar., 2021). Primećeno je značajno povećanje pH vrednosti jaja sa povećanjem dužine skladištenja (Jin i sar., 2011). pH belanca zavisi od odnosa između sadržaja ugljen dioksida, bikarbonatnih jona, karbonatnih jona i proteina (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour, 2008). Pored toga, pH vrednost

belanca i žumanca, zavisi i od dužine i uslova skladištenja, starosti jata i načina ishrane (Dalle Zotte i sar., 2021). pH vrednost belanca tek snešenog jajeta iznosi između 7,6 i 7,9 (Dalle Zotte i sar., 2021). Kod svežih jaja, pH belanca je u rasponu od 7,6 do 8,5 i ima zamućen izgled zbog prisustva ugljen dioksida (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour i sar., 2011, Eke i sar., 2013), dok pH vrednost žumanca iznosi 6 ili malo ispod te vrednosti (Sharp i Powell, 1931). Smatra se da je promena pH vrednosti žumanca bolji pokazatelj neadekvatnih uslova skladištenja, iako se promene znatno sporije odvijaju nego u belancu (Sharp i Powell, 1931). Tokom dužeg skladištenja konzumnih jaja, posebno pri neadekvatnim temperaturama, dolazi do razgradnje proteina belanca i do progresivnog gubitka vode i ugljen dioksida kroz pore na površini ljuske jaja, što za posledicu ima povećanje pH vrednosti belanca i žumanca (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour, 2008, Kamotani, 2009, Eke i sar., 2013, Dalle Zotte i sar., 2021). Ova hemijska reakcija se odvija tokom prirodne likvefakcije debelog sloja belanca pri relativno visokim pH vrednostima u belancu (oko 9,2) (Abdel-Nour, 2008). Utvrđeno je da su promene pH vrednosti belanca veoma intenzivne tokom prvih četiri dana skladištenja, pri čemu dostižu vrednosti oko 9, dok nakon osam dana skladištenja pH može da dostigne maksimalnu vrednost od oko 9,7 (Karoui i sar., 2006, Abdel-Nour i sar., 2011, Dalle Zotte i sar., 2021). Ukoliko se utvrdi da je pH vrednost belanca iznad 8,5, jaja se proglašavaju higijenski neispravnim za javnu potrošnju (Karabasil i sar., 2020). U slučaju žumanca, pH vrednost se tokom skladištenja kreće u rasponu od 6,4 do 6,9, pri čemu može da dostigne maksimalnu vrednost od 7,5 (Dawes, 1975).

pH vrednost belanca i žumanca se određuje korišćenjem ručnog pH metra na tri različita mesta, a kao konačan rezultat se uzima srednja vrednost tri merenja (Yamak et al., 2020, Dalle Zotte i sar., 2021). Takođe, pH vrednost belanca i žumanca, kao i pH vrednost belanca i žumanca zajedno može da se ispituje i na grupnom uzorku od šest jaja (mešavina belanca i žumanca), odnosno na šest jaja zasebno u cilju pojedinačnog određivanja pH vrednosti belanca i žumanca (Slika 12). Grupni uzorak jaja pre ispitivanja pH vrednosti treba homogenizovati u stomaheru (Soria i sar., 2013).



Slika 12. Određivanje pH vrednosti belanca



Hugov indeks

Kvalitet jaja se može odrediti na osnovu Hugovog indeksa (*Haugh, 1937*) koji se definiše kao odnos mase celog jajeta i visine belanca (*Abdel-Nour, 2008, Jin i sar., 2011, Duman i sar., 2016*). Hugov indeks je veoma jednostavna i lako primenljiva kvantitativna metoda određivanja unutrašnjeg kvaliteta jaja koja se najčešće primenjuje u industriji jaja (*Karoui i sar., 2006, Kamotani, 2009, Abdel-Nour i sar., 2011, Hassan, 2013*). Pojedini autori navode da ova metoda ima i svoje nedostatke koji se ogledaju u slaboj povezanosti između mase celog jajeta i visine belanca, te ukazuju na to da Hugov indeks zavisi od visine belanca, ali da na njega ne utiče masa celog jajeta ili masa belanca sve do treće nedelje skladištenja (*Abdel-Nour, 2008, Mertens i sar., 2011*). Kod svežih jaja visina belanca je veća (veći Hugov indeks), dok se sa starenjem jaja visina belanca smanjuje (manji Hugov indeks) (*Abdel-Nour i sar., 2011, Karabasil i sar., 2020*). Što je veća vrednost Hugovog indeksa to je bolji kvalitet belanca jajeta (*Kamotani, 2009, Hisasaga i sar., 2020*). Smanjenje Hugovog indeksa javlja se usled smanjenja visine belanca, jer tokom skladištenja konzumnih jaja dolazi do razlaganja ugljene kiseline u belancu usled čega nastaju ugljen dioksid i voda, što omogućava raskidanje elektrostatičkog kompleksa između lizozima i ovomucina i za posledicu ima likvefakciju i povećanje pH vrednosti jaja (*Eke i sar., 2013, Yimenu i sar., 2017*).

Postupak određivanja Hugovog indeksa podrazumeva da se najpre izmeri masa celog jajeta na vagi sa tačnošću $\pm 0,05$ g, nakon čega je potrebno polomiti ljusku i sadržaj jajeta izručiti u Petrijevu šolju, a zatim izmeriti visinu belanca korišćenjem tripodnog mikrometra (Slika 13) (*Karabasil i sar., 2020*). Nakon toga se Hugov indeks određuje na osnovu sledeće formule (*Karabasil i sar., 2020*):

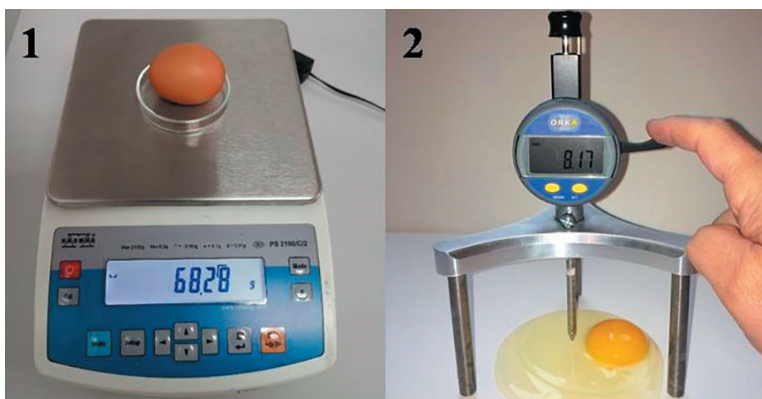
$$\text{Hugov indeks} = 100_{\log} x (v + 7,51 - 1,7 \times m^{0,37})$$

pri čemu je m = masa jaja (g); v = visina belanca (mm).

Kod svežih jaja, Hugov indeks se nalazi u rasponu od 72 do 110 (*Eke i sar., 2013, Kopacz i sar., 2018*). Kod jaja „ekstra A” klase Hugov indeks treba da bude najmanje 72 (*Hisasaga i sar., 2020*), dok kod jaja „A” klase Hugov indeks treba da bude najmanje 60 (*Karabasil i sar., 2020*). Kod jaja „B” klase Hugov indeks je ispod 60 (*Karabasil i sar., 2020*).

Indeks belanca i žumanca

Kvalitet i svežina konzumnih jaja se mogu odrediti na osnovu indeksa belanca i indeksa žumanca (*Karabasil i sar., 2020*). Indeks belanca predstavlja odnos



Slika 13. Određivanje Hugovog indeksa:
1 – merenje mase celog jajeta (mm); 2 – merenje visine belanca (mm)

visine, dužine i širine belanca, dok indeks žumanca predstavlja odnos visine i širine žumanca (Kamotani, 2009, Hassan, 2013). Sa starenjem jajeta se smanjuju indeksi belanca i žumanca (Kamotani, 2009, Karabasil i sar., 2020). Tokom dužeg skladištenja konzumnih jaja, belance postaje tečno, ima manju visinu i zauzima veliku površinu, i rezultira smanjenjem indeksa belanca (Eke i sar., 2013, Yamak i sar., 2020, Philippe i sar., 2020). Indeks žumanca se povećava sa povećanjem mase jaja, starosti koka nosilja, dužine skladištenja i neadekvatnih uslova skladištenja (Attia i sar., 2014). Indeks žumanca zavisi od kvaliteta vitelinske membrane koja okružuje žumance (Mertens i sar., 2011). Smanjenje indeksa žumanca odražava nepoželjne promene u unutrašnjem kvalitetu jaja koje nastaju zbog povećanja permeabilnosti vitelinske membrane i difuzije vode iz belanca u žumance, što povećava njegovu zapreminu i dovodi do slabljenja vitelinske membrane (Mertens i sar., 2011, Attia i sar., 2014).

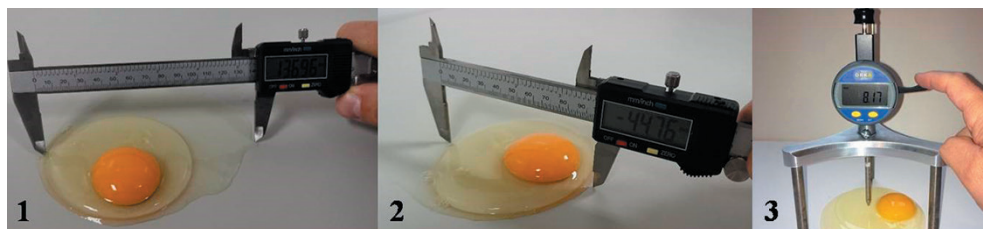
Postupak određivanja indeksa belanca podrazumeva da se korišćenjem tri-podnog mikrometra najpre izmeri visina belanca na udaljenosti od 1 cm od ivice žumanca, a zatim treba digitalnim kaliperom odrediti dužinu belanca od najduže ivice belanca i širinu belanca od najšire ivice belanca (Slika 14) (Sharaf Eddin i sar., 2019, Yamak i sar., 2020, Karabasil i sar., 2020). Indeks belanca se izračunava na osnovu sledeće formule (Karabasil i sar., 2020):

$$\text{Indeks belanca} = \frac{v}{d + \text{š}} \times 100$$

pri čemu je v = visina belanca (mm); d = dužina belanca (mm); š = širina belanca (mm).



Kod svežih jaja indeks belanca je veći, dok sa starenjem opada.



Slika 14. Određivanje indeksa belanca: 1 – određivanje dužine belanca; 2 – određivanje širine belanca (mm); 3 – određivanje visine belanca (mm)

Postupak određivanja indeksa žumanca podrazumeva da se prvo polomi ljuska jajeta i sadržaj izruči u Petrijevu šolju, a zatim izmeri širina žumanca digitalnim kaliperom i visina žumanca na njegovoj sredini korišćenjem tripodnog mikrometra (*Yamak i sar., 2020, Karabasil i sar., 2020*). U praksi se visina i širina žumanca određuju bez odvajanja od belanca (*Mertens i sar., 2011*). Indeks žumanca se izračunava na osnovu sledeće formule:

$$\text{Indeks žumanca} = \frac{v}{\check{s}} \times 100$$

pri čemu je v = visina žumanca (mm); \check{s} = širina žumanca (mm).

Kvalitet jaja je dobar ukoliko je indeks žumanca između 32% i 58%. Jaja su slabijeg kvaliteta, ukoliko je indeks žumanca ispod 32% (*Karabasil i sar., 2020*).

Jačina vitelinske membrane

Jačina vitelinske membrane je važan pokazatelj kvaliteta jaja, jer tokom operacija lomljenja jaja ona treba da ostane netaknuta kako bi se adekvatno odvojilo žumance od belanca. Metoda za ispitivanje jačine vitelinske membrane zasniva se na upotrebi brze kapilarne vakuum tehnike. Ovom metodom, na površinu vitelinske membrane se postavlja kapilarna cev promera 2 mm, pri čemu se u kapilarnoj cevi stvara vakuum. Jačina vitelinske membrane se određuje jačinom vakuuma ili vremenom vakuuma koje je potrebno da dođe do pucanja membrane (*Mertens i sar., 2011*).

Boja žumanca

Boja žumanca je vidljivi rezultat nakupljanja pigmenata i njihove sposobnosti da ga oboje (*Spasevski, 2018*). Pigmenti žumanca predstavljaju mešavinu karo-

tena i ksantofila koji zajedno spadaju u veliku grupu – karotenoida (*Kamotani, 2009, Spasevski, 2018*). Od karotena u žumancu je najzastupljeniji β -karoten, a od ksantofila lutein (*Kamotani, 2009, Attia i sar., 2014*). Sadržaj pigmenata u žumancu izražen kao β -karoten jako varira i kreće se u intervalu od 11 do 87 mg/kg (*Bovškova i sar., 2014*), dok se sadržaj ksantofila u jajetu kreće u intervalu od 0,3 do 0,5 mg od čega je više od polovine prisutno u obliku luteina (*Spasevski, 2018*). Ovako veliki opseg variranja količine pigmenata u žumancu je posledica velikog broja faktora. Naime, koke nosilje nemaju sposobnost sintetisanja pigmenata žumanca sopstvenim biohemijskim procesima, ali 20-60% boje unešene hranom prenosi se u žumance (*Mertens i sar., 2011, Samiullah i sar., 2017, Spasevski, 2018, Philippe i sar., 2020, Dalle Zotte i sar., 2021*). Nakon apsorpcije u digestivnom traktu, karotenoidi se transportuju u krv kao lipoproteini bogati trigliceridima, odakle se značajna količina karotenoida deponuje u žumance (*Spasevski, 2018*). Kod koka nosilja oni su indikator bolesti. Bleda boja žumanca je znak da kokoške imaju infekciju creva ili poremećenu apsorpciju (*Spasevski, 2018*). Takođe, starenjem konzumnih jaja tokom perioda skladištenja, dolazi do degeneracije vitelinske membrane, usled čega voda iz belanca prelazi u žumance i dovodi do razblaživanja pigmenata i smanjenja intenziteta boje žumanca (*Jin i sar., 2011*). Pored toga, usled dužeg perioda skladištenja, proteini belanca mogu da pređu u žumance što takođe smanjuje intenzitet boje žumanca (*Jin i sar., 2011*).

Boja žumanca se najčešće određuje senzorski korišćenjem Rošove lepeze (*Roche Yolk Colour Fan*) koja ima vrednosti od 1 (bledo žuta) do 16 (tamno narandžasta) (*Mertens i sar., 2011, Rakonjac i sar., 2018, Dalle Zotte i sar., 2021*). Metoda određivanja boje žumanca pomoću Rošove lepeze je veoma rasprostranjena i u proizvodnim uslovima, s obzirom da je izuzetno jednostavna, a vremenski i novčano nije zahtevna (*Spasevski, 2018*). Ovaj način određivanja boje žumanca je subjektivan i odgovara percepciji potrošača o boji žumanca s obzirom na to da njegova boja nema uticaj na nutritivnu vrednost jajeta (*Mertens i sar., 2011*). Prisustvo bilo kakvih diskoloracija u žumancu ukazuje na loš kvalitet. Pored toga, boja može da bude neujednačena (šareno žumance) ili da odstupa od željenih nijansi (*Mertens i sar., 2011*). Za senzorsko određivanje boje žumanca najpre treba polomiti ljusku jajeta i sadržaj izručiti u Petrijevu šolju, a zatim uporediti boju ispitivanog



Slika 15. Određivanje boje žumanca pomoću Rošove lepeze



žumanca sa paletom boja koje se nalaze na Rošovoj lepezi i dodeliti odgovarajuću ocenu (Slika 15) (Karabasil i sar., 2020). Optimalna boja žumanca se kreće u rasponu ocena od 11 do 14 (Karabasil i sar., 2020).

U različitim državama su primećeni različiti zahtevi od strane potrošača u odnosu na intenzitet boje žumanca (Spasevski, 2018). U većini zemalja Evrope i Azije potrošači konzumiraju jaja sa žuto-narandžastom bojom žumanca koja imaju vrednost prema Rošovoj lepezi od 10 – 14 (Soria i sar., 2013, Samiullah i sar., 2017), dok potrošači u SAD više vole jaja sa svetlijom bojom žumanca od 7 -10 prema Rošovoj lepezi (Pavlovski i sar., 2007, Soria i sar., 2013), ali to zavisi i od geografske lokacije, kulture i tradicije (Bovšková i sar., 2014). Na samom području Evrope postoje velike razlike u zahtevima potrošača prema boji žumanca, tako da u Irskoj, severnoj Engleskoj i Švedskoj potrošači više vole jaja sa svetlijom bojom žumanca (8-9 prema Rošovoj lepezi), potrošači u Finskoj, južnoj Engleskoj i Francuskoj vole umereno žuto-narandžastu boju žumanca (11-12 prema Rošovoj lepezi), dok potrošači u Holandiji, Nemačkoj, Belgiji, Španiji, Italiji i Hrvatskoj vole tamnije obojena žumanca (12-14 prema Rošovoj lepezi) (Bovšková i sar., 2014, Spasevski, 2018). Na osnovu ankete potrošača u Republici Srbiji, najviše potrošača (56,5%) preferira žutu boju (do 9 prema Rošovoj lepezi), dok 27,4% potrošača starijih od 40 godina voli tamno žutu boju žumanca (više od 9 prema Rošovoj lepezi) (Pavlovski i sar., 2007). U Republici Srbiji su jaja iz tradicionalne ekstenzivne proizvodnje često imala žumanca intenzivnije obojena nego što je najveća boja na Rošovoj lepezi, kao posledica obilja obojenih materija u hrani za koke nosilje (Pavlovski i sar., 2007). Ono što je posebno istaknuto u svim istraživanjima je to da potrošači preferiraju da sva jaja u pakovanju ili sva jaja koja su kupljena u isto vreme imaju sličnu ili istu boju žumanca, što ukazuje na to da je homogenost pokazatelj konstantno dobrog kvaliteta (Soria i sar., 2013).



Slika 16. Instrumentalno određivanje boje žumanca

Instrumentalne metode za određivanje boje žumanca pružaju objektivne podatke, a ne subjektivan doživljaj boje. Pravilnim održavanjem i uz odgovarajuću kalibraciju daju vrlo tačne i precizne rezultate (Dalle Zotte i sar., 2021). Kako bi se instrumentalno odredila boja žumanca, najpre treba razbiti ljusku, odvojiti belance pomoću separatora, a zatim prebaciti žumance u Petrijevu ploču (dijametra 50 mm) i prekriti je tankim PVC filmom za hranu. Za instrumentalno određivanje boje najčešće se koristi ručni kolorimetar kojim se određuju L^* , a^* i b^* vrednosti (Slika 16) (Dalle Zotte i sar., 2021). Na osnovu vrednosti instrumentalno određene boje, utvrđuje se nijansa boje (H°), zasićenost boje (C^*), relativni odnos crvene i žute boje (R) i indeks braon boje (BI) (Dalle Zotte i sar., 2021). Pored gore navedenih metoda, za određivanje boje žumanca koristi se još i spektrofotometrijsko određivanje boje, kao i HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) metoda (Spasevski, 2018).

Utvrđivanje odstupanja mirisa i ukusa

Ukoliko se prilikom pregleda jaja posumnja da ukus i miris odstupaju od specifičnih svojstava, koriste se proba kuvanja ili proba pečenja (Karabasil i sar., 2020). Sa povećanjem starosti jaja prilikom skladištenja, dolazi do smanjenja sadržaja vode i pH vrednosti belanca i žumanca (Hisasaga i sar., 2020). Ove promene rezultiraju povećanjem količine slobodnih masnih kiselina i drugih produkata oksidacije lipida, koji za posledicu imaju promenu ukusa i razvoj neprijatnog mirisa žumanca (Hisasaga i sar., 2020). Takođe, strani miris i ukus mogu biti posledica genetskih faktora, zdravstvenog stanja koka nosilja ili ishrane (uljana repica, riblje brašno, tanini) (Pavlovski i sar., 2007).

Proba kuvanja se izvodi tako što se u čist sud, bez mirisa, stavi voda za piće, tako da cela jaja sa ljuskom budu potopljena. Sud se poklopi i stavi na toplotni izvor da se postepeno zagreje do ključanja. Ključanje mora da traje od 5 do 7 minuta za kokošija i ćureća, a od 10 do 20 minuta za jaja gusaka i pataka (Karabasil i sar., 2020). Jaja se vade iz suda, lome i odstranjuje se ljuska. Za vreme odstranjivanja ljuske i posle njenog uklanjanja proverava se miris isparljivih materija koje sa parom izlaze iz sadržaja kuvanog jajeta (Karabasil i sar., 2020). Kuvana jaja sa kojih je odstranjena ljuska stavljaju se u čist sud i čistim nožem seku na polovine, a zatim se ponovo procenjuje miris isparljivih materija. Ukus kuvanog žumanca i belanca procenjuje se čulom ukusa. Miris i ukus ispitivanog jajeta mora biti karakterističan za kuvano jaje (Karabasil i sar., 2020). Proba pečenja vrši se tako što se u čist sud, bez mirisa stavi sadržaj jajeta bez ljuske i peče (Karabasil i sar., 2020). Tokom pečenja, koje traje dok belance potpuno ne koaguliše usled toplote, odnosno ne pobeli, ispituje se miris jajeta, dok se posle



pečenja procenjuje i ukus. Miris i ukus ispitivanog jajeta moraju biti karakteristični za pečeno jaje (*Karabasil i sar., 2020*).

Ukoliko se nakon probe kuvanja i pečenja utvrde odstupanja od specifičnih svojstava u ukusu i mirisu, jaja se proglašavaju higijenski neispravnim za javnu potrošnju (*Karabasil i sar., 2020*).

| UMEMSTO ZAKLJUČKA

Stalni nadzor i efikasna kontrola, zajedno sa unapređenjem tehnologije proizvodnje, presudni su za proizvodnju konkurentnih i kvalitetnih konzumnih jaja i proizvoda od jaja čiji kvalitet zadovoljava zahteve potrošača kako za domaće tržište tako i za izvoz. Dalji razvoj metoda za ocenu kvaliteta konzumnih jaja sa različitih aspekata je osnovni preduslov za postizanje željenog kvaliteta. Kao rezultat visokih zahteva potrošača prema kvalitetu i bezbednosti hrane, postoji potreba za ocenom kvaliteta svakog pojedinačnog jajeta. Razvoj novih metoda koje bi bile brze, automatizovane i pouzdane omogućio bi kontrolu kvaliteta svakog pojedinačnog jajeta, umesto da se kontroliše kvalitet na reprezentativnom uzorku. Informacije o kvalitetu konzumnih jaja nisu bitne samo sa aspekta bezbednosti i zadovoljavanja zahteva potrošača, već i primarnim proizvođačima pružaju dragocene podatke o kvalitetu procesa proizvodnje, a samim tim i o zdravstvenom stanju jata.

| QUALITY ASSESSMENT OF TABLE EGGS

The eggshell quality evaluation methods currently applied can be divided in direct methods, which require breaking the eggs, and indirect methods, which do not require eggs to be broken. The most commonly used indirect methods are candling and specific gravity. Direct methods of egg quality assessment are divided into methods for determining the external and internal quality of table eggs. Methods for determining the external quality of table eggs include visual evaluation of eggshell, egg weight determination, egg shape index determination, examination of eggshell weight and percentage, eggshell thickness determination, cuticle quality assessment, eggshell strength examination and eggshell color assessment. Methods for determining the internal quality of table eggs include the open egg method, determination of albumin and yolk pH value, Haugh index examination, albumin and yolk index determination, exa-

mination of vitelline membrane strength, yolk colour assessment and sensory evaluation of table eggs. Continuous supervision and quality control, together with the improvement of production technology, are crucial for the production of competitive and quality table eggs and egg products for both the domestic market and for export.

Keywords: table egg quality, direct methods, indirect methods

LITERATURA

1. Abdel-Nour, N. (2008). *Chicken egg quality assessment from visible/near infrared observations* (Doctoral dissertation, McGill University).
2. Abdel-Nour, N., Ngadi, M., Prasher, S., & Karimi, Y. (2011). Prediction of egg freshness and albumen quality using visible/near infrared spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 731-736.
3. Al-Rubaiee, M. A. M. (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.
4. Attia, Y. A., Al-Harathi, M. A., & Shiboob, M. M. (2014). Evaluation of quality and nutrient contents of table eggs from different sources in the retail market. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 3294.
5. Aygun, A. (2014). The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs. *Indian Journal of Animal Research*, 48(3).
6. Baylan, M., Celik, L. B., Akpinar, G. C., Alasahan, S., Kucukgul, A., & Dogan, S. C. (2017). Influence of eggshell colour on egg yolk antibody level, incubation results, and growth in broiler breeders. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(2), 105-112.
7. Bovšková, H., Mikova, K., & Panovská, Z. (2014). Evaluation of egg yolk colour. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(3), 213-217.
8. Brodacki, A., Batkowska, J., Drabik, K., Chabroszewska, P., & Łuczkiwicz, P. (2019). Selected quality traits of table eggs depending on storage time and temperature. *British Food Journal*, 121(9), 1-11.
9. Crosara, F. S. G., Pereira, V. J., Lellis, C. G., Barra, K. C., Santos, S. K. A. D., Souza, L. C. G. M. D., ... & Fernandes, E. A. (2019). Is the Eggshell Quality Influenced by the Egg Weight or the Breeder Age?. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(2).
10. 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?. *Livestock Science*, 246, 104453.
11. Dawes, C. M. (1975). Acid-base relationships within the avian egg. *Biological Reviews*, 50(3), 351-371.
12. De Ketelaere, B., Bamelis, F., Kemps, B., Decuyper, E., & De Baerdemaeker, J. (2004). Non-destructive measurements of the egg quality. *World's Poultry Science Journal*, 60(3), 289-302.



13. 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.
14. Đukić-Stojčić, M., Perić, L., Bjedov, S., & Milošević, N. (2009). The quality of table eggs produced in different housing systems. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5/6), 1103-1108.
15. Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H. A. S. A. N., & Camcı, Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80, 1-9.
16. Eke, M. O., Olaitan, N. I., & Ochefu, J. H. (2013). Effect of storage conditions on the quality attributes of shell (table) eggs. *Nigerian Food Journal*, 31(2), 18-24.
17. Fu-Min, Y., Xiao-xia, X., Min, Y., Kai-xia, Q., & Xue-yan, W. (2014). Comparison of Quality and Nutritional Components of Eggs from Blue Peafowl and Hen. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(4), 141-147.
18. Hassan, R. S. A. E. (2013). *Effect of Methods and Storage Duration on the Quality Characteristics of Table Eggs* (Doctoral dissertation, University of Khartoum).
19. Haugh, R.R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality, *US Egg Poultry Magazine*, 43, 522-555, 572-573.
20. Hisasaga, C., Griffin, S. E., & Tarrant, K. J. (2020). Survey of egg quality in commercially available table eggs. *Poultry Science*, 99(12), 7202-7206.
21. Ingram, D. R., Hatten, L. F., & Homan, K. D. (2008). A study on the relationship between eggshell color and eggshell quality in commercial broiler breeders. *International Journal of Poultry Science*, 7(7), 700-703.
22. Jin, Y. H., Lee, K. T., Lee, W. I., & Han, Y. K. (2011). Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(2), 279-284.
23. Kamotani, S.B.S. (2009). *Consumer acceptance of ozone-treated whole shell eggs* (Doctoral dissertation, Ohio State University).
24. 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.
25. Karoui, R., Kempes, B., Bamelis, F., De Ketelaere, B., Decuyper, E., & De Baerdemaeker, J. (2006). Methods to evaluate egg freshness in research and industry: A review. *European Food Research and Technology*, 222(5), 727-732.
26. Ketta, M., & Tůmová, E. (2016). Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. *Czech Journal of Animal Science*, 61(7), 299-309.
27. 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(3), 37-45.
28. Li, X. Y., Xu, G. Y., Hou, Z. C., Zhao, R., & Yang, N. (2006). Variation of eggshell colour in different egg-type chickens. *Archiv Fur Geflugelkunde*, 70(6), 278-282.
29. Mertens, K., Kempes, B., Perianu, C., De Baerdemaeker, J., Decuyper, E., De Ketelaere, 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.

30. Montenegro, A. T., Garcia, E. A., Molino, A. B., Cruvinel, J. M., Ouros, C. C., & Alves, K. S. (2019). Methods to Evaluate the Eggshell Quality of Table Eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(3).
31. Moula, N., Ait-Kaki, A., Leroy, P., & Antoine-Moussiaux, N. (2013). Quality assessment of marketed eggs in Bassekabylie (Algeria). *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15(4), 395-399.
32. Odabasi, A. Z. (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).
33. Olsson, N. (1934). *Studies on specific gravity of hen's egg. A method for determining the percentage of shell on hen's eggs*, Otto Harrassowitz, Leipzig.
34. Pavlović, M., Ivanović, S., & Nešić, K. (2020). Egg production in Serbia. *World's Poultry Science Journal*, 76(2), 259-269.
35. Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Cmiljanić, R., & Lukić, M. (2007). Sistem garantovanog kvaliteta jaja u odnosu na propise EU i zahteve potrošača. *Savremena poljoprivreda*, 56, 1-2.
36. Philippe, F. X., Mahmoudi, Y., Cinq-Mars, D., Lefrançois, M., Moula, N., Palacios, J., ... & Godbout, S. (2020). Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens. *Livestock Science*, 232, 103917.
37. Pravilnik o kvalitetu jaja (2019). Službeni glasnik RS, broj 7/19 od 6. februara 2019. godine.
38. Rakonjac, S., Bogosavljević-Bošković, S., Škrbić, Z., Lukić, M., Dasković, V., Petričević, V., & Petrović, M. D. (2018). Quality and chemical composition of eggs affected by rearing system and hen's age. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(3), 335-344.
39. Samiullah, S., Omar, A. S., Roberts, J., & Chousalkar, K. (2017). Effect of production system and flock age on eggshell and egg internal quality measurements. *Poultry Science*, 96(1), 246-258.
40. Sharaf Eddin, A., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2019). Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food chemistry*, 296, 29-39.
41. Sharp, P. F., & Powell, C. K. (1931). Increase in the pH of the white and yolk of hens' eggs. *Industrial & Engineering Chemistry*, 23(2), 196-199.
42. Soria, M. A., Bueno, D. J., & Bernigaud, I. I. C. (2013). Comparison of quality parameters in hen's eggs according to egg shell color. *International Journal of Poultry Science*, 12(4), 224-234.
43. Spasevski, N. (2018). *Uticaj primene različitih izvora prirodnih pigmenata na boju žumanca i ko-ekstrudata na bazi semena lana, lanika i konoplje na profil masnih kiselina u jajima* (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu).
44. Steele, E. E. (1967). *Methods of measuring egg shell quality* (Master dissertation, Kansas State University)
45. Terčič, D., Žlender, B., & Holcman, A. (2012). External, internal and sensory qualities of table eggs as influenced by two different production systems. *Agroznanje*, 13(4), 555-562.
46. Yamak, U. S., 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.



47. Yan, Y. Y., Sun, C. J., Lian, L., Zheng, J. X., Xu, G. Y., & Yang, N. (2013). Effect of uniformity of eggshell thickness on eggshell quality in chickens. *The Journal of Poultry Science*, 0130032.
48. Yang, H. M., Wang, Z. Y., & Lu, J. (2009). Study on the relationship between eggshell colors and egg quality as well as shell ultrastructure in Yangzhou chicken. *African Journal of Biotechnology*, 8(12), 2898-2902.
49. Yimenu, S. M., Kim, J. Y., & Kim, B. S. (2017). Prediction of egg freshness during storage using electronic nose. *Poultry science*, 96(10), 3733-3746.
50. Yuan, Z. H., Zhang, K. Y., Ding, X. M., Luo, Y. H., Bai, S. P., Zeng, Q. F., & Wang, J. P. (2016). Effect of tea polyphenols on production performance, egg quality, and hepatic antioxidant status of laying hens in vanadium-containing diets. *Poultry Science*, 95(7), 1709-1717.

