



## IZVORNI ZNANSTVENI RAD / ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

# Usporedba osnovnog kemijskog i masno-kiselinskog sastava te mikrobiološke ispravnosti guščjih, kokošnjih, pačjih i purećih jaja

## *Comparison of basic chemical and fatty acid composition and microbiological safety of goose, chicken, duck and turkey eggs*

Željko Jakopović<sup>1</sup>, Iva Čanak<sup>1</sup>, Tina Lešić<sup>2</sup>, Jelka Pleadin<sup>2</sup>, Jadranka Frece<sup>1</sup>, Ksenija Markov<sup>1\*</sup>

\*Corresponding author: [kmarko@pbf.hr](mailto:kmarko@pbf.hr)

### Sažetak

Jaja se smatraju nutritivno cjelovitom namirnicom koja obogaćuje ljudsku prehranu, jer sadrže visokokvalitetne proteine, ugljikohidrate, lako probavljive masti i minerale, kao i vrijedne vitamine. Budući da u širokoj prodaji na našim prostorima, osim kokošnjih, gotovo i nema jaja drugih vrsta peradi, a razlike se očituju u veličini, boji i težini jaja, kao i omjerima sastavnih dijelova (žumanjak, bjelanjak, ljuska) i hranjivih tvari (ugljikohidrati, proteini, masti, minerali), cilj ovog rada bio je usporediti sastav masnih kiselina, kemijski sastav te mikrobiološku ispravnost guščjih, pačjih, kokošnjih i purećih jaja nabavljenih od istog malog domaćinstva. Srednja vrijednost aerobnih mezofilnih bakterija bila je  $4,55 \pm 0,35 \log \text{CFU/g}$  za guščja,  $3,73 \pm 0,2 \log \text{CFU/g}$  za pačja,  $3,79 \pm 0,35 \log \text{CFU/g}$  za kokošja te  $4,16 \pm 0,3 \log \text{CFU/g}$  za pureća jaja. Bakterije iz roda *Salmonella* i *Listeria monocytogenes* nisu dokazane ni u jednom uzorku jaja, dok su *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, kvasci i plijesni dokazani u broju  $<1 \log \text{CFU/g}$ . Za sve skupine masnih kiselina (SFA, MUFA, PUFA) utvrđena je značajna razlika ( $p < 0,05$ ) s obzirom na vrstu peradi. Dokozaheksaenska n-3 masna kiselina (DHA) određena je samo u pačjim jajima ( $0,18 \pm 0,02\%$ ). Sve vrste masnih kiselina su se međusobno značajno razlikovale ( $p < 0,05$ ) u omjeru n-6 i n-3 sa najvećim određenim omjerom kod purećih jaja (60,61), a najnižim kod guščjih jaja (3,90), koja su ujedno jedina u skladu sa zdravstvenim preporukama (3-5:1).

**Ključne riječi:** jaja, sastav masnih kiselina, kemijski sastav, mikrobiološka ispravnost

### Abstract

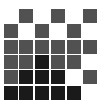
Nutritionally, eggs are considered as complete food product that enriches human diet, because they contain high-quality protein, carbohydrates, easily digestible fat and minerals, as well as valuable vitamins. Since there are, in our region, almost no eggs of other species of poultry except chicken, and the differences are reflected in size, color and weight of eggs, as well as the ratios of the main components (egg yolk, egg white, egg shell) and nutrients (carbohydrates, proteins, fats, minerals) the aim of this study was to compare the fatty acid composition, chemical composition and microbiological quality of goose, duck, chicken and turkey eggs purchased from the same small household. Mean value of the aerobic mesophilic bacteria was  $4.55 \pm 0.35 \log \text{CFU/g}$  for goose,  $3.73 \pm 0.2 \log \text{CFU/g}$  for duck,  $3.79 \pm 0.35 \log \text{CFU/g}$  for chicken and  $4.16 \pm 0.3 \log \text{CFU/g}$  for turkey eggs. Bacteria of the genus *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* were not proven in any sample of eggs, while the *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, yeasts and molds were detected in the number of  $<1 \log \text{CFU/g}$ . For all groups of fatty acids (SFA, MUFA, PUFA) a significant difference ( $p < 0.05$ ) was obtained with respect to the type of poultry. Dokozaheptaenoic n-3 fatty acid (DHA) was determined only in duck eggs ( $0.18 \pm 0.02$ ). All types of fatty acids are mutually significantly different ( $p < 0.05$ ) in the ratio of n-6 and n-3 with the largest determined ratio of in turkey eggs (60.61) and lowest in goose eggs (3.9), which are, at the same time, only in accordance with medical recommendations (3-5:1).

**Key words:** eggs, fatty acid composition, chemical composition, microbiological quality

### Uvod

Jaja su visokovrijedna namirnica, lako dostupna i zastupljena u prehrani ljudi širom svijeta. Smatraju se nutritivno kompletnom hranom i izvrsnim izvorom proteina (Ruxton i

sur., 2010.). Zbog sadržaja esencijalnih masnih kiselina, vitamina, minerala i posebno visoke energetske vrijednosti, jaja su dugo vremena smatrana namirnicom koja izrazito pogoduje ljudskom zdravlju. Budući da su dostupna široj populaciji, jaja su često jedini izvor proteina životinjskog podrijetla u zemlja-



ma u razvoju. Jedno jaje osigurava između 4,5 - 6 g proteina, a polovica te količine nalazi se u bjelanjku. Nažalost, jaje je također idealan izvor hranjivih tvari za proliferaciju patogenih mikroorganizama. Prijašnja istraživanja su u prvi plan stavljala negativne posljedice visokog sadržaja kolesterola u jajima, budući da jaje sadrži otprilike 200 mg kolesterola (Weggemans i sur., 2001.). Nadalje, zasićene masne kiseline kojih u jajetu ima manje od polovice povezane su s bolestima krvožilnog sustava (Hu i sur., 1999.). Međutim, nove spoznaje odbacuju stavove o jajima kao „rizičnim“ namirnicama te upućuju na što raznovrsniju prehranu u kojoj jaja zadržavaju važno mjesto s tendencijom smanjenja količine zasićenih, odnosno povećanja količine nezasićenih masnih kiselina.

Bjelanjak se smatra idealnim izvorom bjelančevina jer sadrži sve esencijalne aminokiseline u poželjnim omjerima. Bjelanjak jajeta sadrži 87% vode, 12% bjelančevina, 0,5% ugljikohidrata, 0,5% mineralnih tvari te lipida u tragovima. Žumanjak je uklopljen u bjelanjku i sastoji se od približno 48% vode, 16% bjelančevina, 33% masti, 1% ugljikohidrata i 1% mineralnih tvari. Masti žumanjka sastoje se od 65,5% masnih kiselina (oleinska, palmitinska, stearinska i linolna kiselina), 28,3% fosfolipida i 5,2% kolesterola (Trpčić i sur., 2010.). Od ukupnih masti u jajetu, više od polovice otpada na nezasićene masne kiseline (Kaić Rak i Antonić Degač, 1998.).

Jaja su koncentrirani izvor hranjivih tvari, sadržanih prvenstveno u žumanjku. U žumanjku se nalazi otprilike 50% ukupnog proteina jajeta i gotovo sva mast. Protein iz jaja je visoko probavljiv, a aminokiselinski sastav je u ravnoteži s potrebama ljudi. Mast sadržana u jajima je emulgirana i također visoko probavljiva. Bogata je nezasićenim masnim kiselinama (linolenska, arahidonska), a sadržaj i profil masnih kiselina pod velikim su utjecajem hranidbe ptica. Jaja sadrže sve vitamine (osim vitamina C), a pogotovo su bogat izvor vitamina topivih u mastima (A, D, E, K) (Moore, 1987.). Premda ljuska jajeta obiluje kalcijem, od minerala iskoristivih u prehrani u najvećim koncentracijama dolaze željezo i fosfor (Solomon, 1988.), no prisutni su i jod, cink, kobalt, selen i drugi elementi u tragovima (Kassis i sur., 2010.).

Građa jajeta je jednaka u svih vrsta ptica, pa tako i u domaće peradi. Međutim, razlike se očituju u veličini, boji i težini jaja, kao i omjerima sastavnih dijelova (žumanjak, bjelanjak, ljuska) i hranjivih tvari (ugljikohidrati, proteini, masti, minerali).

Jaja mogu biti kontaminirana mikroorganizmima kao što su bakterije, kvasci i plijesni. Ovi mikroorganizmi mogu izbjeći obrambeni mehanizam jaja i prodrijeti unutar jajeta i uzrokovati kvarenje jaja, čime se povećava rizik od bolesti koje se prenose hranom. Stupanj kvarenja jaja ovisi o hranidbenoj vrijednosti, temperaturi, skladištenju i rukovanju (Al-Bahry i sur., 2012.). Najrasprostranjeniji patogen jaja je *Salmonella* spp., a do trenutka potrošnje izložena su utjecaju različitih mikroorganizama koji mogu ući s bilo koje površine s kojom jaje dolazi u doticaj. Jaja imaju različite obrambene mehanizme i strukture kojima sprječavaju prodor bakterija iz okoliša, ali također, sposobnost obrane bitno ovisi o vanjskim uvjetima poput temperature i vlažnosti. Trajanje održivosti jaja izravno je povezano s početnim onečišćenjem, higijenom proizvodnje, sakupljanja i pakiranja te mikroklimatskim uvjetima. Osim navedenog, ne smije se zanemariti niti genetika, hranidba, dobrobit i zdravlje jata. Mikroflora jaja sastoji se od brojnih bakterijskih vrsta, no javnozdravstveno značenje

ponajprije imaju vrste iz roda *Salmonella*. Trovanja hranom povezana sa *S. enteritidis* uključuju jaja i proizvode od jaja u 68,2% slučajeva (WHO, 2001.).

Budući da u širokoj prodaji na našim prostorima, osim kokošnjih, gotovo i nema jaja drugih vrsta peradi, cilj ovog rada bio je usporediti sastav masnih kiselina, kemijski sastav te mikrobiološku ispravnost guščjih, pačjih, kokošnjih i purećih jaja.

## Materijali i metode

### Uzorci

Ispitivanje je provedeno na uzorcima kokošnjih (n=5), purećih (n=5), pačjih (n=5) i guščjih (n=5) jaja nabavljenih od istog malog obiteljskog domaćinstva iz okolice Zagreba. Perad je uzgajana u slobodnom uzgoju, a uzorci jaja su do provedbe analiza pohranjeni na 4 °C tijekom 24-48 sati.

### Priprema uzoraka i mikrobiološke analize

Priprema uzoraka za analizu uključivala je brisanje ljuske, uklanjanje ljuske jajeta, te homogenizaciju jaja mućkanjem. Površina jaja očišćena je vatom natopljenom alkoholom i na emajliranoj plitkoj posudi opaljena plamenom. Na ljusci se sterilnim priborom (skalpel, škare) načini otvor kroz koji se uvuče kapaljka kojom se sadržaj prenese u Erlenmeyerovu tikvicu sa staklenim zrcima. Mućkanjem ili vibriranjem uzorak se dobro homogenizira. Tako se dobiva osnovno razrjeđenje. Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija određen je naciepljivanjem decimalnih razrjeđenja na hranjivi agar i brojanjem poraslih kolonija nakon inkubacije pri 37 °C tijekom 24 sata (EN ISO 4833:2003). Za određivanje prisutnosti koagulaza pozitivnih stafilokoka (*Staphylococcus aureus*), 0,1 mL osnovnog razrjeđenja uzorka naciepljeno je na Baird-Parker agar (ISO 6888-1:1999). Broj enterobakterija određen je na ljubičasto-crvenom žučnom agaru prema normi ISO 21528-2:2004. Detekcija bakterija vrste *Salmonella* provedena je u skladu sa ISO 6579:2002 metodom. Uzorak je prvo izvagan u sterilnu peptonsku vodu nakon čega slijedi obogaćivanje u Rappaport-Vassiliadis bujonu (RSV), a zatim naciepljivanje na XLD agar i inkubacija pri 37°C tijekom 24 sata. Brojanje kvasaca i plijesni je provedeno na sladnom agaru i inkubaciji pri 30°C tijekom 72 sata (ISO 21527-1:2008). Dokazivanje bakterije *Listeria monocytogenes* provedeno je u skladu s EN ISO 11290-2:1998.

Za revitalizaciju i namnožavanje listerija upotrijebljen je UVM bujon. Sljedeći stupanj selektivnog namnožavanja uključivao je upotrebu drugoga selektivnog bujona - Fraser bujona, nakon čega je slijedilo naciepljivanje na PALCAM agar i inkubiranje pri 37°C tijekom 24 sata.

### Određivanje osnovnog kemijskog sastava

Udio vode određivan je gravimetrijski pomoću termostata Epsa 2000 (Ba-Ri, Hrvatska) pri 103 °C, a pepeo spaljivanjem uzoraka pri 550 °C u mufolnoj peći LV9/11/P320 (Nobetherm, Njemačka). Udio ukupnih bjelančevina određivan je metodom po Kjeldahl-u uz uporabu bloka za razaranje Unit 8 Basic (Foss, Švedska) i automatiziranog uređaja za destilaciju i titraciju Kjeltex 8400 (Foss, Švedska). Ukupne masti određene su metodom po Soxhlet-u, razlaganjem uzorka kiselinskom hidrolizom te ekstrakcijom masti petroleterom pomoću uređaja za ekstrakciju Soxtherm 2000 Automatic (Gerhardt, Njemačka) i sušenje u sušioniku Epsa 2000



(Ba-Ri, Hrvatska). Rezultati analiza izraženi su kao srednja vrijednost dvaju paralelnih određivanja, u postotku (%) mase, sa preciznošću od 0,01%.

### Određivanje sastava masnih kiselina

Metilni esteri masnih kiselina pripremljeni su iz ekstrahirane masti prema normi HRN EN ISO 12966-2:2011. Odvagano je 60 mg ekstrahiranog uzorka masti, dodano 4 mL izooktana i mučkano na miješalici HS260 control (IKA, Njemačka) do potpunog otapanja masti. Nakon toga, dodano je 200  $\mu$ L 2N metanolne otopine kalij hidroksida i uzorci su mučkani 60 sekundi. Zatim je dodano 4 mL zasićene otopine natrijevog klorida, uzorci su ponovno izmučkani te je sloj izooktana prebačen u novu epruvetu. Uslijedilo je dodavanje 2 g bezvodnog natrij hidrosulfata te centrifugiranje na centrifugi 320AR (Hettich, Njemačka) 10 min na 3000 rpm i temperaturi od 15 °C, a 200  $\mu$ L uzorka je filtrirano kroz PTFE filter u posudice za injektiranje.

Pripravljeni metilni esteri masnih kiselina analizirani su plinskom kromatografijom (HRN EN ISO 12966-4:2015) na plinskom kromatografu 7890B (Agilent Technologies, SAD) sa *split/splitless* injektorom (270 °C), plameno-ionizacijskim detektorom (280 °C) i kapilarnom kolonom DB-23 dužine 60 m, promjera 0,25 mm te debljine sloja nepokretne faze 0,25  $\mu$ m. Uzorak (1  $\mu$ L) je injektiran uz omjer razdjeljenja 1:50. Početna temperatura kolone podešena je na 130 °C, nakon 1 minute programirano je povećavana brzinom od 6,5 °C/min do 170 °C/min, zatim je brzinom od 2,75 °C/min grijana do 215 °C, uz zadržavanje od 12 minuta, nakon toga se ponovno brzinom od 40 °C/min zagrijavala do 230 °C uz zadržavanje od 3 minute. Plin nosioci bio je helij uz protok od 43 cm/s (konstanti tlak), detektorski protoci vodika i zraka bili su 40 mL/min te 450 mL/min, a kao *makeup* plin korišten je dušik sa protokom od 25 mL/min. Metilni esteri masnih kiselina identificirani su usporedbom s vremenima zadržavanja 37 metilnih estera masnih kiselina standardne smjese analizirane pri istim uvjetima. Uz uzorke i standard, u cilju provjere kvalitete rezultata, pri svakoj analizi korišten je i certificirani referentni materijal (CRM) BCR-163 (Institute for Reference Materials and Measurements, Belgija), pripremljen i analiziran na isti način kao i uzorci. Rezultat je izražen kao postotak (%) pojedine masne kiseline u odnosu na ukupno određene masne kiseline.

### Statistička analiza

Za utvrđivanje razlika između različitih vrsta peradi u pogledu osnovnog kemijskog i masno-kiselinskog sastava jaja, provedena je ANOVA uz primjenu računalnog programa SPSS Statistics 22.0 (SPSS Statistics, NY IBM, 2013). Statistički značajne razlike izražene su na razini vjerojatnosti od 95% ( $p < 0,05$ ).

### Rezultati i rasprava

Većina jaja (oko 90%) je sterilno prilikom lijeganja, ali postoji mogućnost povremenog kontaminiranja. Ljuska jajeta se može kontaminirati sa površina s kojima je u kontaktu, a stupanj kontaminacije direktno je povezan s čistoćom tih površina (Board i Tranter, 1995.). Treba napomenuti da se vjeruje da pranje jaja doprinosi općem higijenskom poboljšanju proizvo-

da i smanjenju moguće križne kontaminacije tijekom pripreme hrane (EFSA, 2005.). Nekoliko studija je pokazalo da pranje jaja pogoduje kontaminaciji mikroorganizama preko ljuske i gubitku vlage ako uvjeti sušenja i skladištenja nisu optimalni (Chousalkar i sur., 2010., 2013.). Iako pranje oštećuje površinski voštani sloj koji na površini ljuske djeluje kao sredstvo za brtvljenje, pranje znatno snižava mikrobiološku populaciju na ljusci jajeta (Olayemi i Adetunji, 2013.). Stoga je jedan od ciljeva ovog istraživanja bio procijeniti stupanj mikrobiološke kontaminacije jaja različitih vrsta peradi (gušče, pačje, kokoške i pureće). Rezultati mikrobiološke analize istraživanih uzoraka jaja prikazani su na slici 1 i u tablici 1. Mikrobiološka analiza jaja pokazala je raspon aerobnih mezofilnih bakterija za gušča jaja 4,1-5,05 log CFU/g, 3,53-3,86 log CFU/g za pačja, 3,38-4,1 log CFU/g za kokošja te 3,8-4,73 log CFU/g za pureća jaja (slika 1). Prema Pravilniku o mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 74/08) koji je usklađen s Uredbom komisije o mikrobiološkim kriterijima za hranu (2005), (EZ 2073/2005), broj aerobnih mezofilnih bakterija ne smije prelaziti 2 log CFU/g uzorka. Kako je srednja vrijednost aerobnih mezofilnih bakterija u uzorcima gušćjih jaja iznosila 4,55 log CFU/g, u uzorcima pačjih jaja 3,73 log CFU/g, 3,67 log CFU/g u kokošnjim i 4,16 log CFU/g u purećim jajima, može se zaključiti da je mikrobiološka kakvoća ispitivanih jaja komercijalno neprihvatljiva. Visok broj aerobnih mezofilnih bakterija može se pripisati neprikladnom pranju i kontaminaciji tijekom rukovanja ili tijekom analize.

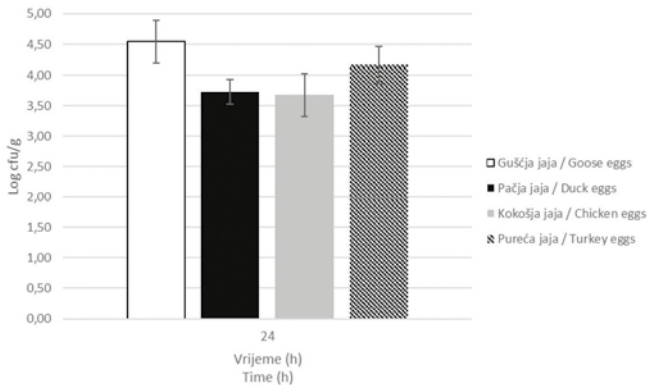
Broj bakterijskih stanica *S. aureus* izoliranih iz sve četiri vrste jaja bio je  $< 1,0$  log CFU/g što može ukazivati na minimalnu ručnu manipulaciju jajima i dobre higijenske uvjete skladištenja jaja u domaćinstvu. Rezultati dobiveni ovim istraživanjem prikazani u tablici 1 pokazuju nizak broj kvasaca i plijesni ( $< 1,0$  log CFU/g) i u suglasju su s rezultatima Josepha i Babatundea (2006.). Nizak broj kvasaca i plijesni u svim vrstama jaja mogao bi se objasniti i time što su plijesni obligatni aerobi, a sadržaj jaja je lišen prisutnosti kisika. Kvasci i plijesni rastu pri nižim  $a_w$  vrijednostima od bakterija i stoga se u većem broju nalaze na ljusci jaja. Antimikrobna sredstva koja se nalaze u sadržaju jajeta, kao što je lizozim, mogu inhibirati rast kvasaca i plijesni. U 20 uzoraka jaja različitih vrsta peradi enterobakterije su dokazane u broju  $< 1$  log CFU/g što je pokazatelj higijenske ispravnosti jaja, ispravne manipulacije i čuvanja jaja. Velik raspon pH (4,3-9,6) i temperature (1-45°C) te otpornost prema visokim koncentracijama NaCl (12%) omogućava bakteriji *L. monocytogenes* preživljavanje različitih postupaka koji se koriste tijekom obrade namirnica. *Listeria monocytogenes* može biti prisutna u različitim prehrambenim proizvodima, a u rizičnoj skupini se nalaze svježe, ne prerađene namirnice poput mlijeka, mesa, mekih sireva i jaja. Ni u jednom uzorku gušćjih, pačjih, kokošnjih i purećih jaja *L. monocytogenes* nije dokazana (Tablica 1).

Rezultati prikazani u tablici 1 pokazuju da na XLD agaru nisu porasle bakterije iz roda *Salmonella* što odgovara Pravilniku o mikrobiološkim standardima za namirnice (NN 74/08), kojim su propisani vrlo strogi standardi za *Salmonella* spp. (0/25 g uzorka). Rezultati ovih istraživanja su u suglasju s istraživanjima Ansah i sur. (2009.), koji također nisu dokazali prisutnost *Salmonella* spp. Međutim, perad je široko poznata kao rezervoar za salmonelu. Pokazalo se da se sadržaj jaja može kontaminirati salmonelom na dva načina: preko jajnika (vertikalni prijenos) ili preko ljuske (horizontalni prijenos) (Zeidler,

2002.). Tijekom vertikalnog prijenosa, salmonela se prenosi sa zaraženih reproduktivnih tkiva na jaja, prije formiranja ljuske jaja. Teoretski, horizontalni prijenos obično potječe od fekalne kontaminacije ljuske jajeta ili do kontaminacije dolazi tijekom prolaska jaja kroz kloaku (nečisnicu). Ostali putevi prijenosa uključuju kontaminaciju pomoću vektora okoliša kao što su poljoprivrednici, kućni ljubimci ili glodavci. Salmonela može kontaminirati sadržaj jajeta migracijom kroz ljusku jajeta i membrane. Takav put je olakšan vlažnošću ljuske jajeta, temperaturom i uvjetima skladištenja i oštećenjem ljuske.

**Slika 1.** Srednja vrijednost rasta aerobnih mezofilnih bakterija u uzorcima guščjeg, pačjeg, kokošnjeg i purećeg jaja (log CFU/g)

**Figure 1.** The mean increase in aerobic mesophilic bacteria in samples of goose, duck, chicken and turkey eggs (log CFU/g)



**Tablica 1.** Srednja vrijednost mikrobiološke analize guščjih, pačjih, kokošnjih i purećih jaja (log CFU/g)

**Table 1.** Mean microbiological analysis of goose, duck, chicken and turkey eggs (log CFU/g)

Vrsta jaja	Uzorak	AMB	Salmonella sp.	L. monocytogenes	S. aureus	Enterobacteriaceae	Kvasci i plijesni
Guščja jaja	1	4,10 ± 0,4	0/3	0/3	<1	<1	<1
	2	4,49 ± 0,2	0/3	0/3	<1	<1	<1
	3	5,05 ± 0,1	0/3	0/3	<1	<1	<1
Pačja jaja	1	3,8 ± 0,1	0/3	0/3	<1	<1	<1
	2	3,86 ± 0,1	0/3	0/3	<1	<1	<1
	3	3,53 ± 0,4	0/3	0/3	<1	<1	<1
Kokošja jaja	1	3,88 ± 0,2	0/3	0/3	<1	<1	<1
	2	4,1 ± 0,1	0/3	0/3	<1	<1	<1
	3	3,38 ± 0,4	0/3	0/3	<1	<1	<1
Pureća jaja	1	4,73 ± 0,3	0/3	0/3	<1	<1	<1
	2	3,95 ± 0,2	0/3	0/3	<1	<1	<1
	3	3,8 ± 0,4	0/3	0/3	<1	<1	<1

AMB-aerobne mezofilne bakterije

*AMB-aerobic mesophilic bacteria*

Dobiveni rezultati osnovnog kemijskog sastava prikazani su u tablici 2. Statističkom obradom nije utvrđena značajna razlika ( $p > 0,05$ ) u kemijskom sastavu između ispitivanih jaja različitih vrsta peradi. Najveći udio bjelančevina sadržan je u purećem jaju ( $13,02 \pm 0,40$  %) no ne razlikuje se značajno od ostalih analiziranih jaja. Pačja jaja sadrže najviše masti ( $12,50 \pm 1,70$  %), a imaju i najveći udio pepela ( $1,47 \pm 0,45$  %), no sadrže najmanji udio vode ( $72,85 \pm 0,07$  %).

**Tablica 2.** Osnovni kemijski sastav kokošnjih, guščjih, pačjih i purećih jaja

**Table 2.** The basic chemical composition of chicken, goose, duck and chicken eggs

Parametar	Kokošje jaje	Guščje jaje	Pureće jaje	Pačje jaje
Voda (%)	74.27±0.06	73.70±0.28	74.20±1.27	72.85±0.07
Pepeo (%)	1.02±0.09	0.93±0.02	1.24±0.46	1.47±0.45
Masti (%)	10.73±0.15	11.35±0.35	11.65±0.92	12.50±1.70
Bjelančevine (%)	12.61±0.08	12.93±0.13	13.02±0.40	12.90±0.37

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± SD  
Results are expressed as mean ± SD

Po pitanju sastava masnih kiselina, najzastupljenije masne kiseline bile su oleinska (18:1n-9c, *engl.oleic acid-OA*), palmitinska (16:0) i linolna (18:2n-6c, *engl.linoleic acid-LA*). Za sve skupine masnih kiselina, zasićene (*engl. saturated fatty acid-SFA*), jednostruko nezasićene (*engl. monounsaturated fatty acid-MUFA*), višestruko nezasićene (*engl. polyunsaturated fatty acid-PUFA*; n-3, n-6) utvrđena je značajna razlika ( $p < 0,05$ ) s obzirom na vrstu peradi. Udio SFA je bio značajnije veći kod purećih jaja u odnosu na najmanji udio kod kokošnjih jaja. Pureća su jaja imala također značajnije manji udio MUFA u odnosu na guščja i pačja, što se najvećim dijelom može pripisati oleinskoj kiselini koja čini od 86-93% ukupnih MUFA u jajima, s najmanjim postotkom u purećim, a najvećim u pačjim. Kazmierska i sur. (2005.) također su odredili najveći udio oleinske kiseline (43,46%) u pačjim jajima u odnosu na jaja drugih istraživanih vrsta peradi. Što se tiče višestruko nezasićenih masnih kiselina, kokošja i pureća jaja su imala značajnije veći udio PUFA i to n-6 PUFA uslijed većeg udjela linolne masne kiseline (LA) u odnosu na guščja i pačja jaja. Visoki udio LA vjerojatno je posljedica unosa putem hrane, kroz biljna ulja koja se najčešće koriste u hranidbi kokoši. LA čini čak 94-96% ukupnih n-6 masnih kiselina, osim kod pačjih jaja gdje je udio manji za 80% ukupnih n-6. Pačja jaja imaju duplo veći udio arahidonske n-6 masne kiseline (C20:4n-6, *engl. arachidonic acid-AA*) spram ostalih vrsta. Najveći udio AA, uz manji udio LA u pačjim jajima u odnosu na druge vrste peradi, potvrđen je i u istraživanju Kazmierska i sur. (2005.), pri čemu je udio AA iznosio 2,54%. Najveći udio n-3 određen je u guščjim jajima, a najmanji u purećim. Guske općenito imaju veliki unos  $\alpha$ -linolenske masne kiseline (C18:3n-3, *engl.  $\alpha$ -linolenic acid-ALA*) u odnosu na linolnu ili derivat arahidonsku masnu kiselinu, kao posljedicu ispaše (Sinanoglou i sur., 2011.). Od n-3 masnih kiselina u jajima, određena je ALA, dok je dokozaheksaenska masna kiselina (C22:6n-3,



engl. docosahexaenoic acid-DHA) određena samo u pačjim jajima.

Istraživanja ukazuju na drastično povećanje omjera n-6/n-3 u prehrani ljudi, dok zdravstveno preporučeni omjer iznosi 3-5:1 (EFSA, 2009), uz poželjnu što nižu vrijednost. Sve vrste su se međusobno značajno razlikovale u dobivenom omjeru ( $p < 0,05$ ), sa najvećim izmjerenim omjerom kod purećih jaja (60,61). Najniži omjer 3,90 kod guščjih jaja jedini je koji odgovara navedenim zdravstvenim preporukama. Nepovoljan omjer se pripisuje hranidbi peradi i usporediv je sa drugim literaturnim podacima. U istraživanju Škrtić i sur. (2007.) utvrđen je omjer n-6/n-3 masnih kiselina od 62,63 za jaja kokoši hranjenih s dodatkom suncokretovog ulja. Ostali podaci govore o nižim omjerima n-6/n-3 masnih kiselina od 7,39-14,2 za pačja i kokošja jaja, iako također ne u skladu sa preporukama (Petrović i sur., 2012.; Kazmierska i sur., 2005.; Sinanoglou i sur., 2011.). U istraživanju Sinanoglou i sur. (2011.), u guščjim jajima, određen je povoljan omjer n-6/n-3 masnih kiselina (4,18), srodan rezultatima ovog rada. U istom istraživanju je i omjer određen za pureća jaja bio u skladu sa preporukama (4,41). Minimalna vrijednost za omjer PUFA/SFA je prema preporuci 0,45 i ona je ostvarena kod kokošnjih jaja (0,59). Guščja i pačja jaja imaju podjednake vrijednosti koje su manje od preporučenih (0,32 i 0,31), dok je vrijednost omjera purećih jaja granična (0,44). Za posljednje tri vrste, slične su vrijednosti pronađene i u literaturi: 0,31; 0,34 odnosno 0,35 (Sinanoglou i sur., 2011.).

Od ukupnih masti u jajetu, više od polovice otpada na nezasićene masne kiseline. Samman i sur. (2009.) analizirali su kokošja jaja iz konvencionalnog uzgoja pri čemu je u prosjeku udio SFA (C14:0, C16:0, C18:0) činio 33,8% ukupnih masnih kiselina, MUFA (C16:1, C18:1) 50%, a PUFA 16,3% (od čega se 15% odnosilo na n-6 masne kiseline, a 1,3% na n-3). Udio oleinske kiseline u žumanjku jajeta bio je 46%. Od zasićenih masnih kiselina, udio palmitinske bio je najveći sa čak 25% ukupnih masnih kiselina. Od n-6 masnih kiselina u jajetu određene su linolna sa udjelom od 13% te arahidonska kiselina od 1,8%. LA je ujedno nakon oleinske i stearinske bila treća najzastupljenija masna kiselina. Od n-3 masnih kiselina određena je ALA sa 0,5% te DHA sa 0,8%. Omjer n-6/n-3 iznosio je 9,4 (Samman i sur., 2009).

Posljednjih nekoliko godina, istraživanja su usmjerena na obogaćenje jaja sa n-3 masnim kiselinama, s obzirom na utvrđen njihov povoljan učinak na ljudsko zdravlje, a ujedno s obzirom na općenito nepovoljan omjer n-6/n-3 u jajima. U novije vrijeme znanstvenici nastoje kreirati obroke i način hranidbe peradi s ciljem modifikacije masnih kiselina u mesu i jajima. Poznato je da su riblje brašno i ulje bogati izvori esencijalnih n-3 masnih kiselina EPA i DHA, no dokazano je ako se navedena krmiva dodaju u smjesu za tov pilića u većem postotku, imaju negativan učinak na organoleptička svojstva mesa (Scalfe i sur., 1994.; Barbir i sur., 2014.). Veći udio ribljeg ulja u hrani za kokoši nesilice također može dovesti do negativnih organoleptičkih svojstava jaja, pa se tako kao alternativa može koristiti kombinacija lanenog i repičinog ulja sa ribljim (Schedeler, 1997.). U nastavku istraživanja Samman i sur. (2009.), jaja obogaćena sa n-3 imala su niže razine miristinske i palmitinske kiseline u odnosu na konvencionalna, što je rezultiralo i manjim postotkom zasićenih masnih kiselina uz veći postotak n-3 kiselina.

**Tablica 3.** Sastav masnih kiselina kokošnjih, guščjih, pačjih i purećih jaja

**Table 3.** Fatty acid composition of chicken, goose, duck and chicken eggs

Parametar	Kokošje jaje	Guščje jaje	Pureće jaje	Pačje jaje
C14:0	0.45±0.04	0.42±0.03	0.41±0.01	0.50±0.05
C15:0	0.08±0.00	ND	0.08±0.00	ND
C16:0	23.02±0.11b,c	26.81±0.20a,d	27.58±0.52a,d	23.66±0.10b,c
C17:0	0.26±0.00	0.11±0.01	0.26±0.00	0.10±0.00
C18:0	7.12±0.23	5.36±0.08	8.12±0.46	7.68±2.75
C24:0	ND	ND	ND	0.22±0.04
C14:1	0.06±0.00	ND	0.05±0.00	ND
C16:1n-7t	1.20±0.04b,d	0.78±0.01a	0.81±0.10	0.56±0.25a
C16:1n-7c	2.36±0.01	2.83±0.20	3.40±0.11d	1.99±0.61c
C17:1	0.11±0.09	0.10±0.00	ND	ND
C18:1n-9t	0.13±0.02	ND	0.15±0.00	0.11±0.01
C18:1n-9c (OA)	44.62±0.20b,d	50.50±0.56a,c	40.81±0.95b,d	53.37±3.11a,c
C18:1n-7	1.95±0.04b,d	2.43±0.04a,d	2.22±0.07d	1.25±0.31a,b,c
C20:1n-9	0.25±0.02	0.30±0.00c	0.11±0.01b,d	0.38±0.10c
C18:2n-6c (LA)	16.85±0.26b,d	7.76±0.02a,c	15.04±0.16b,d	7.56±1.46a,c
C18:3n-6	0.10±0.01	ND	0.16±0.01	0.18±0.01
C20:2n-6	0.18±0.02d	0.14±0.00d	0.05±0.06d	0.52±0.04a,b,c
C20:3n-6	0.12±0.00	ND	ND	0.24±0.05
C20:4n-6 (AA)	0.49±0.03d	0.34±0.01d	0.50±0.01d	1.00±0.12a,b,c
C18:3n-3 (ALA)	0.67±0.01b,c	2.12±0.21a,c,d	0.26±0.00a,b	0.48±0.08b
C22:6n-3 (DHA)	ND	ND	ND	0.18±0.02
SFA	30.94±0.40c	32.69±0.13	36.46±0.97a	32.16±2.64
MUFA	50.66±0.22	56.94±0.34c	47.54±1.22b,d	57.69±4.22c
PUFA	18.39±0.29b,d	10.36±0.21a,c	16.00±0.25b,d	10.15±1.58a,c
Ukupne n-3	0.67±0.01b,c	2.12±0.21a,c,d	0.26±0.00a,b	0.65±0.10b
Ukupne n-6	17.72±0.28b,d	8.25±0.00a,c	15.74±0.24b,d	9.49±1.68a,c
PUFA/SFA	0.59±0.02b,c,d	0.32±0.00a,c	0.44±0.00a,b,d	0.31±0.02a,c
n-6/n-3	26.52±0.36b,c,d	3.90±0.39a,c,d	60.61±0.19a,b,d	14.89±4.83a,b,c

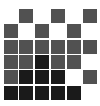
Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± SD; % ukupnih masnih kiselina;

statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ ) <sup>a</sup>od kokošnjih jaja, <sup>b</sup>od guščjih jaja, <sup>c</sup>od purećih jaja, <sup>d</sup>od pačjih jaja

SFA=zasićene masne kiseline, MUFA=jednostruko nezasićene masne kiseline, PUFA=višestruko nezasićene masne kiseline; OA oleinska masna kiselina, LA linolna masna kiselina, AA arahidonska masna kiselina, ALA α-linolenska masna kiselina, DHA dokozaheksaenska masna kiselina

Results are expressed as mean ± SD; % of total fatty acids; a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) <sup>a</sup>of chicken eggs, <sup>b</sup>of goose eggs, <sup>c</sup>of turkey eggs, <sup>d</sup>of duck eggs

SFA = saturated fatty acids, MUFA = monounsaturated fatty acids, PUFA = polyunsaturated fatty acids; OA oleic fatty acid, LA linoleic fatty acid, AA arachidonic fatty acid, ALA α-linolenic fatty acid, DHA docosahexaenoic fatty acids



## Zaključci

Istraživanjem nije utvrđena značajna razlika u mikrobiološkom i kemijskom sastavu jaja različitih vrsta peradi (gušče, pačje, kokoške i pureće). Iz rezultata mikrobiološke analize jaja može se zaključiti da su jaja uglavnom dobre kvalitete, jer *Salmonella* i *L. monocytogenes* nisu dokazane ni u jednom uzorku jaja, a *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, kvasci i plijesni u broju  $<1 \log \text{CFU/g}$ . Međutim, zbog povećanog broja aerobnih mezofilnih bakterija koji je prelazio  $2 \log \text{CFU/g}$  uzorka, jaja nije preporučljivo konzumirati sirova.

Za sve skupine masnih kiselina (SFA, MUFA, PUFA) utvrđena je značajna razlika ( $p < 0,05$ ) s obzirom na vrstu peradi. Sve vrste jaja su se međusobno značajno razlikovale ( $p < 0,05$ ) u omjeru n-6 i n-3 sa najvećim izmjerenim omjerom kod purećih jaja (60,61), a najnižim kod gušćih jaja (3,90), koja su ujedno jedina u skladu sa zdravstvenim preporukama (3-5:1).

## Literatura

Al-Bahry, S.N., Mahmoud, I.Y., Al-Musharafi, S.K. and Al-Ali, M.A. (2012) Penetration of Spoilage and Food Poisoning Bacteria into Fresh Chicken Egg: A Public Health concern. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 1(1), 33-39.

Ansah, T., Dzoagbe, G.S.K., Teye, G.A., Adday, S. and Danquah, J.K. (2009) Microbial Quality of Table Eggs Sold on Selected Markets in the Tamale Municipality in the Northern Region of Ghana. *Livestock Research for Rural Development*, 21(128) <<http://www.lrrd.org/lrrd21/8/ansa21128.htm>. >

Barbir, T., Vulić, A., Pleadin, J. (2014) Masti i masne kiseline u hrani životinjskog podrijetla. *Veterinarska stanica*, 45 (2), 97-110.

Board, R.G., Tranter, H.S. (1995) The microbiology of eggs. U: Stadelman, W.J. and Cotterill, O.J. (ed): *Egg Science and Technology*, str. 81-104. The Hawoeth Press, London

Chousalkar, K.K., Flynn, P., Sutherland, M., Roberts, J.R. and Cheetham, B. F. (2010) Recovery of *Salmonella* and *Escherichia coli* from commercial shell eggs and effect of translucency on bacterial penetration in eggs. *International Journal of Food Microbiology*, 142, 207-213.

Chousalkar, K.K., Roberts, J.R., Sexton, M., May, D. and Kiermeier, A. (2013) Effects of egg shell quality and washing on *Salmonella* *Infantis* penetration. *International Journal of Food Microbiology*, 165, 77-83.

European Food Safety Authority, (2005) Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on the Request from the Commission Related to the Microbiological Risks on Washing of Table Eggs. *The UFSA Journal*, 269, 1-39. [www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int)

European Food Safety Authority, (2009) Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to „low fat and low trans spreadable fat rich in unsaturated and omega-3 fatty acids“ and reduction of LDL-cholesterol concentrations pursuant to Article 14 of Regulations (EC) No 1924/2006. *The EFSA Journal*, 9(5), 1-13. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2168>

Hu, F.B., Stampfer, M.J., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Speizer, E.F. (1999) Dietary saturated fats and their

food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 1001-1008.

ISO 4833:2003 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Colony-count technique at 30 degrees C

ISO 6579:2002 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.

ISO 6888-1:1999 – Microbiology of food and animal feeding stuffs . Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) – Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium

ISO 11290-2:1998 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* – Part 2: Enumeration method

ISO 12966-2:2011 – Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters – Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids

ISO 1966-4:2015 – Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters – Part 4: Determination by capillary gas chromatography

ISO 21527-1:2008 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeast and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95

ISO 21528-2:2004 – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for the detection and enumeration of *Enterobacteriaceae* – Part 2: Colony-count method

Joseph, J.K. and Babatunde, S.D. (2006) Microbial Load and Sensory Quality of Egg under Varying Storage Conditions. *Journal of Agricultural Research and Development*, 5(1), 49-56.

Kaić Rak, A. i Antonić Degač, K. (1998) Prehrambena vrijednost jaja peradi. U: Živković, R., Oberiter, V., Hadžiosmanović, M., (ed): *Jaja i meso peradi u prehrani i dijetetici*, str. 31-34, AMZH, Zagreb

Kassis, N., Drake, S.R., Beamer, S.K., Matak, K.E. and Jaczynski, J. (2010) Development of nutraceutical egg products with omega-3-rich oils. *LWT – Food Science and Technology*, 43, 777-783.

Kazmierska, M., Jarosz, B., Korzeniowska, M., Trysiyka, T., Dobrzanski, Z. (2005) Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Polish Journal of food and nutrition sciences*, 14(55), 69-73.

Moore, J.H. (1987) Biochemical aspects of the relationships between dietary cholesterol, blood cholesterol and ischaemic heart disease. U: Wells, R.G. and Belyavin, C.G. (ed.): *Egg quality-current problems and recent advances*, str. 27-67. Butterworths, London

Olayemi, F., Adetunji, C. (2013) Effect of Rinses on Microbial Quality of Commercially Available Eggs and Its Components before Processing from Ilorin in Western Nigeria. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 3(2), 44-47.

Petrović, M., Gačić, M., Karačić, V., Gottstein, Ž., Majzija H., Medić H. (2012) Enrichment of eggs in n-3 polyunsaturated fatty acids by feeding hens with different amount of linseed oil in diet. *Food Chemistry*, 135, 1563-1568.



Pravilnik o mikrobiološkim kriterijima za hranu (2008) *Narodne novine* 74, Zagreb (NN 74/08)

Ruxton, C.H.S., Derbyshire, E., Gibson, S. (2010) The Nutritional Properties and Health Benefits of Eggs. *Nutrition and Food Science*, 40(3), 263-279.

Scaife, R.J., Moyo, J., Galbraith, H., Michie, W., Campbell, V. (1994) Effect of dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *British Poultry Science*, 35, 107-118.

Samman, S., Kung, F.P., Carter, L.M., Foster, M.J., Ahmad, Z.I., Phuyal, J.L. and Petocz, P. (2009) Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry*, 116, 911-914.

Scheideler, S.E. (1997) Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid-enriched eggs. *Journal of Applied Poultry Research*, 6, 137-146.

Sinanoglou, V.J., Strati, I.F., Miniadis-Meimeraglou S. (2011) Lipid, fatty acid and carotenoid content of edible egg yolks from avian species: A comparative study. *Food chemistry*, 124, 971-977.

Solomon, S. (1988) Eggshell structure and function. *Poultry International*, 27, 62-85.

Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Bogut, I., Hanžek, D. (2007) The increase of the n-3 PUFA content in eggs. *Poljoprivreda*, 13, 47-52.

Trpčić, I., Njari, B., Zdolec, N., Cvrtila Fleck, Ž., Fumić, T., Kozačinski, L. (2010) Mikrobiološka kakvoća i ocjena svježine konzumnih jaja. *Meso*, 12, 286-293.

Uredba komisije o mikrobiološkim kriterijima za hranu (2005), (EZ 2073/2005), <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073&from=HR>

Weggemans, R.M., Zock, P.L., Katan, M.B. (2001) Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73(5), 885-891.

WHO (2001) World Health Organisation surveillance programme for control of foodborne infections and intoxications in Europe. Seventh report, 1993-1998. U: Schmidt, K. And Tirado, C. (ed.): Federal Institute for Health Protection of Consumers and Veterinary medicine (BgVV), str. 415, 422-423. Berlin, Germany

Zeidler, G. (2002) Microbiology of Poultry Meat Products. U: Bell D.D. i Weaver W.D. (ed.): Commercial Chicken Meat and Egg Production, str. 889-898. Springer Science+Business Media, New York, USA

TITULE I ADRESE:

Željko Jakopović, mag.ing.

Iva Čanak, mag.ing.

Tina Lešić, mag.ing.

Jelka Pleadin, izv.prof.dr.sc.

Jadranka Frece, prof.dr.sc.

Ksenija Markov, izv.prof.dr.sc.

<sup>1</sup>Laboratorij za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb,

<sup>2</sup>Laboratorij za analitičku kemiju, Hrvatski veterinarski institut Zagreb, Savska cesta 143, Zagreb