ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Kvaliteta, profil masnih kiselina i lipidni indeksi kokošjih jaja na hrvatskom tržištu

*Sven Horvat[1], Zoran Škrtić[1], Zlata Kralik[1]**

Sažetak

Kokošje jaje nutritivno je visokovrijedna namirnica. Jestivi dio jaja, bjelanjak i žumanjak, sadrže esencijalne aminokiseline i masne kiseline te vitamine i mikroelemente, zbog čega su vrlo poželjna u ljudskoj prehrani. Cilj istraživanja bio je utvrditi vanjsku i unutarnju kvalitetu jaja, profil masnih kiselina i lipidne indekse u jajima iz podnog sustava držanja nesilica od tri proizvođača u Republici Hrvatskoj. Jaja su kupljena u trgovačkom centru. Analiza kvalitete jaja provedena je na 90 jaja, klase A i razreda M, dok su profili masnih kiselina određeni na 30 jaja (10 po skupini). Iz profila masnih kiselina izračunati su indeksi nutritivne kvalitete lipida. Pokazatelji vanjske kvalitete jaja značajno su se razlikovali između skupina ($P<0,05$). Masa jaja, masa žumanjka i ljuske, te indeks oblika bili su značajno veći u skupinama B i C u odnosu na skupinu A. Kod unutarnjih pokazatelja utvrđena je značajna razlika u HU i boji žumanjka među proizvođačima ($P<0,05$). Povoljniji sadržaj masnih kiselina utvrđen je kod jaja proizvođača B, gdje je u žumanjcima utvrđen najviši udio MUFA i n-3 PUFA, te najniži udio SFA i n-6 PUFA ($P<0,05$). Najpovoljniji rezultati kvalitativnih (n-6 PUFA/n-3 PUFA, LA/ALA i EPA+DHA) i nutritivnih indeksa (indeks nutritivne vrijednosti/INV i trombogeni indeks/TI) utvrđeni su kod proizvođača B u odnosu na proizvođače A i C ($P<0,05$). Metabolički indeksi između ispitivanih skupina značajno su se razlikovali ($P<0,05$), a njihove vrijednosti ukazuju na nižu aktivnost enzima uključenih u elongaciju n-3 PUFA u skupini B, što može biti povezano s većom dostupnošću n-3 PUFA iz krmne smjese za nesilice. Rezultati istraživanja pokazuju da se jaja različitih proizvođača značajno razlikuju u kvaliteti, profilu masnih kiselina i lipidnim indeksima, pri čemu su jaja proizvođača B najpovoljnija za prehranu ljudi.

Ključne riječi: konzumna jaja, podni uzgoj, kvaliteta jaja, masne kiseline, lipidni indeksi

Uvod

Smatra se da su jaja jedna od najvrjednijih animalnih namirnica u ljudskoj prehrani. Danas je „trend“ da ljudi slijede zdrave životne navike, stoga su i zahtjevi vezani za kvalitetu prehrambenih namirnica vrlo visoki. Prema Herronu i Fernandezu (2004.) osnovne komponente prosječnog kokošjeg jajeta mase 65 g (jestivi dio 58 g) su: voda 45 g (69 %), proteini 7,2 g (11 %), ugljikohidrati 0,5 g (0,8 %) i lipidi 5,3 g (8,1 %). Lipidi se u jajetu nalaze pretežito u žumanjku, te čine 33 % žumanjka (Abeyrathne i sur. 2022.), a sastoje se od triglicerida (62 %), fosfolipida (33 %) i kolesterola (5 %). U literaturi je moguće susresti različite vrijednosti sadržaja kolesterola u jajetu. Tako Herron i Fernandez (2004.) navode da jedno veliko kokošje jaje sadrži 213 mg kolesterola, dok Naviglio i sur. (2012.) ističu da se kolesterol kreće od 120 do 193 mg/jajetu, što bi u prosjeku iznosilo 157 mg/jajetu. Iako se u jajetu nalazi značaj-

[1]**Sven Hovrat, mag. ing. agr.; dr.sc. Zoran Škrtić redoviti profesor; dr.sc. Zlata Kralik redovita profesorica,** Sveučilište Josipa Juraj Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Autor za korespondenciju: zlata.kralik@fazos.hr

na količina kolesterola Sugano i Matsuoka (2021.) u svom istraživanju navode da umjerena konzumacija jaja kod većine zdravih osoba nije nužno povezana s povišenom koncentracijom kolesterola u krvi. Ona ovisi o genetskim čimbenicima, načinu života i ukupnom sastavu prehrane. Zbog sve učestalijih kardiovaskularnih i drugih kroničnih bolesti u svijetu, značaj unosa masti radi očuvanja ljudskog zdravlja postao je predmet brojnih istraživanja. Zato se posebno naglašava potreba za povećanim unosom n-3 polinezasićenih masnih kiselina (n-3 PUFA; Sapp i sur. 2022.). S obzirom da se dizajniranjem smjese za nesilice može utjecati na sadržaj masnih kiselina u jajima, vrlo je korisno analizirati njihov profil i izračunati indekse kvalitete lipida u jajima. Za procjenu kvalitete lipida u jajima razvijeni su indeksi koji prikazuju odnos između pojedinih skupina masnih kiselina. Aterogeni indeks (AI) i trombogeni indeks (TI) razvijeni su kako bi se procijenio potencijal hrane za razvoj ateroskleroze i tromboze, pri čemu niže vrijednosti ukazuju na bolja nutritivna svojstva jaja (Ulbricht i Southgate, 1991.). Hipo/hiperkolesterolemični indeks (hHI) koristi se za procjenu utjecaja masnih kiselina na metabolizam kolesterola, pri čemu su poželjne veće vrijednosti (Dal Bosco i sur., 2022.). Sadržaj pojedine masne kiseline ne daje potpunu sliku o nutritivnoj kvaliteti namirnice, pa upravo ovi indeksi omogućuju sveobuhvatniju i klinički relevantniju procjenu.

S obzirom na navedeno, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi vanjsku i unutarnju kvalitetu jaja, profil masnih kiselina i lipidne indekse u jajima iz podnog sustava držanja nesilica od tri proizvođača u Republici Hrvatskoj.

Materijali i metode

Jaja za analize kupljena su u trgovačkom centru na području grada Osijeka. Kupljeno je 90 jaja klase A, razreda M (masa jaja od 53-63 grama), iz podnog načina uzgoja nesilica od tri proizvođača (A, B i C). Analiza vanjske i unutarnje kvalitete jaja podrazumijeva mjerenje dužine i širine jaja, izračun indeksa oblika, mjerenje mase jaja i mase osnovnih dijelova u jajetu, izračun udjela osnovnih dijelova u jajetu, mjerenje čvrstoće i debljine ljuske, boje žumanjka, visine i promjera žumanjka, indeksa žumanjka, pH bjelanjka i pH žumanjka. Dužina i širina jaja mjereni su pomičnom mjerkom s mjernim područjem od 0-30 mm / 0-12 '' (Insize, SAD). Pomoću tih mjera izračunat je indeks oblika jaja korištenjem sljedećeg obrasca: indeks oblika jaja (%) = širina jaja / dužina jaja * 100. Masa jaja i osnovnih dijelova u jajetu izmjereni su na digitalnoj vagi Mettler Toledo (BBK 422-6 DXS), a korištenjem ovih vrijednosti izračunati su udjeli osnovnih dijelova u jajetu. Automatskim uređajem Digital Egg Tester - DET 6500 (Nabel, Co., Ltd, Japan) izmjereni su sljedeći pokazatelji kvalitete jaja: čvrstoća ljuske (N) i debljina ljuske (mm), visina bjelanjka (mm), Haugh units (HU), visina i promjer žumanjka (mm) te boja i indeks žumanjka. Debljina ljuske mjerena je na ekvatorijalnom dijelu jajeta, a za utvrđivanje čvrstoće ljuske jaje je opterećeno silom na suprotnim polovima. Vrijednosti pH bjelanjka i žumanjka izmjerene su pH metrom MP 120 (Mettler Toledo, model SevenEasy). Za analizu profila masnih kiselina u žumanjcima uzorkovano je ukupno 30 jaja, 10 po svakoj ispitivanoj skupini. Žumanjci su bili odvojeni od bjelanjaka, homogenizirani te se odvagalo 0,5 g uzorka za daljnju analizu. Uzorci su pripremljeni na mikrovalnom uređaju CEM MARS6. Profil masnih kiselina utvrđen je korištenjem plinskog kromatografa SCION 436-GC (SCION Instruments), koji je opremljen kapilarnom kolonom tipa FAMEWAX (RESTEK, Bellefonte, USA) i plamenim detektorom. Kolona ima unutarnji promjer od 30 x 0,32 mm i film 0,25 µm. Volumen uzorka za injektiranje bio je 1 µL, a radni uvjeti pri očitavanju uzoraka bili su: temperatura injektora 230°C, temperatura detektora 230 °C, protok plina nosioca (vodik) 2,5 mL/min. Temperaturni program pećnice programiran je na sljedeći način: od 50 do 160 °C : 20 °C/min, od 160 do 225 °C : 10 °C/min uz zadržavanje na 225 °C devet minuta. Ukupno trajanje analize bilo je 21 minutu. Za identifikaciju pojedinačnih masnih kiselina korištena je standardna smjesa 37 masnih kiselina (Food Industry FAME Mix, Restek Corporation, Bellefonte, PA, SAD). Udjeli pojedinačnih masnih kiselina prikazani su kao postotak ukupnih masnih kiselina u lipidima analiziranog uzorka. Vrijednosti dobivene u analizi profila masnih kiselina u žumanjcima jaja različitih proizvođača poslužile su za izračun lipidnih indeksa. Lipidni indeksi podijeljeni su u tri skupine: kvalitativni, nutritivni i metabolički. Kvalitativni indeksi su najčešće korišteni za procjenu kvalitete profila masnih kiselina u jajima, a oni su: ∑PUFA/∑SFA, ∑n-6 PUFA / ∑n-3 PUFA, LA/ALA i EPA+DHA.

Indeks nutritivne vrijednosti (INV) izračunat

je prema formuli koju su razvili Chen i sur. (2016.).

$$INV = (C18:0 + C18:1n9) / (C16:0)$$

Osim ovog indeksa, u nutritivne se indekse ubrajaju aterogeni indeks (AI) i trombogeni indeks (TI) čije su formule za izračun razvili Ulbricht and Southgate (1991.), te hiper/ hipokolesterolni indeks (hHI) koji se računa prema jednadžbi Dal Bosco i sur. (2022.)

$$AI = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0 + C18:0) / (\sum MUFA + \sum n\text{-}6\ PUFA + \sum n\text{-}3\ PUFA)$$

$$TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 * \sum MUFA) + (0,5 * \sum n\text{-}6\ PUFA) + (3 * \sum n\text{-}3\ PUFA) + (\sum n\text{-}3\ PUFA / \sum n\text{-}6\ PUFA)]$$

$$hHI = (C18:1n\text{-}9 + \sum PUFA) / (C12:C + C14:0 + C16:0)$$

Metabolički indeksi, elongaza (EI) i tioesteraza (THI), pokazuju efikasnost konverzije esencijalnih masnih kiselina u dugolančane masne kiseline pomoću procjene aktivnosti pojedinih enzima, a izračunati su prema formulama koje navode Dal Bosco i sur. (2022.).

$$EI = (C18:0 / C16:0) * 100$$
$$THI = (C16:0 / C14:0) * 100$$

Rezultati istraživanja obrađeni su pomoću statističkog programa TIBCO Statistica® Document Management System 13.5.0. Rezultati su prikazani deskriptivnom statistikom, a za utvrđivanje značajnih razlika između ispitivanih skupina na razini P<0,05; P<0,01 i P<0,001 korišten je Fisherov LSD-test.

Rezultati i rasprava

U Tablici 1. prikazani su rezultati vanjske kvalitete jaja. Kod vrijednosti mase jaja utvrđena je statistička značajnost (P<0,001) između grupa. Proizvođač A s prosjekom mase jaja od 59,38 g nalazio se unutar granica razreda M (Pravilnik o tržišnim standardima za jaja NN 80/2024.). Proizvođači B odnosno C isporučili su jaja većih masa – 64,67 g te 65,25 g koja prema masi pripadaju L razredu (63-73 g). Prisutnost "L" jaja u "M" pakiranju najvjerojatnije je uzrokovana pogreškom sustava za automatsko sortiranje ili lošom kalibracijom vaga u pakirnom centru proizvođača, čime se narušava točnost informacija pruženih potrošaču. Debljina ljuske jaja bila je povoljnija kod proizvođača A i B u odnosu na jaja proizvođača C (P<0,05). Nadalje, jaja proizvođača A imaju najmanju masu, ali i najčvršću ljusku (49,48 N), što je u skladu s literaturnim podacima koji ukazuju na obrnutu proporcionalnost mase i mehaničke otpornosti (Lichovnikova, 2007.). Indeks oblika jajeta varirao je od 75,69 % kod proizvođača B do 78,87 % kod proizvođača A (P<0,001). Okruglija jaja obično imaju bolju strukturnu čvrstoću ljuske jer su sile pritiska ravnomjernije raspoređene (Anderson i sur., 2004.) što dodatno objašnjava visoke rezultate čvrstoće kod skupine A. Kvaliteta ljuske jaja ima važan značaj u industriji komercijalne proizvodnje jaja. Ljuska jaja treba proći kroz nekoliko procesa, uključujući fazu nesenja, sakupljanje putem automatiziranih traka, pakiranje i transport.

Upravo radi toga je kvaliteta ljuske ključna za zaštitu sadržaja jaja od potencijalne kontaminacije, a loša kvaliteta ljuske povećava rizik od bakterijske kontaminacije (Vlčková i sur. 2018.).

Tablica 1. Pokazatelji vanjske kvalitete jaja ($\bar{x}$±sd)
Table 1 External egg quality parameters ($\bar{x}$±sd)

Pokazatelj /Indicators	Proizvođač / Producer			P vrijednost P value
	A	B	C	
Masa jaja / Egg weight(g)	59,38±3,32^{b}	64,67±4,59^{a}	65,25±3,05^{a}	<0,001
Masa bjelanjka /Albumen weight (g)	36,39±2,65^{b}	39,71±3.71^{a}	37,47±2,76^{b}	<0,001
Masa žumanjka /Yolk weight (g)	15,17±1,44^{c}	16,61±1,75^{b}	19,40±1,45^{a}	<0,001
Masa ljuske / Shellweight (g)	7,82±0,66^{b}	8,35±1,01^{a}	8,35±0,47^{a}	<0,01
Čvrstoća ljuske /Shell strength (N)	49,48±8,76^{a}	45,88±9,62^{a}	37,26±14,38^{b}	<0,001
Debljina ljuske /Shell thickness (mm)	0,42±0,03^{a}	0,42±0,03^{a}	0,41±0,03^{b}	<0,05
Indeks oblika / Shape index(%)	78,87±2,02^{a}	75,69±2,60^{b}	76,36±2,38^{b}	<0,001

A jaja proizvođača Gala, B jaja proizvođača Žito, C jaja proizvođača Balticovo.
Prosječne vrijednosti u redovima označeni različitim slovima a,b,c su statistički značajno različiti na razini P<0,05; P<0,01 i P<0,001.

Erek i Matur (2024.) za jaja prosječne mase od 63,4 g iz podnog sustava držanja kokoši navode nešto niže vrijednosti čvrstoće i debljine ljuske u odnosu na naše rezultate (0,34 mm i 32,4N).

U Tablici 2. prikazane su vrijednosti unutarnje kvalitete jaja iz provedenog pokusa. U navedenoj tablici vidljivo je da nema statistički značajnih razlika u rezultatima visine bjelanjka, indeksu žumanjka i pH vrijednostima bjelanjaka i žumanjka (P>0,05). Visina bjelanjka pruža uvid u svježinu jajeta. Što je veća visina bjelanjka, to je jaje svježije. Iako nisu utvrđene statistički značajne razlike u visini bjelanjka između ispitivanih skupina, ipak treba uočiti da je skupina A imala najpovoljnije vrijednosti visine bjelanjka (6,04 mm) što je utjecalo na to da navedena skupina ima i najpovoljnije vrijednosti HU. Haughove jedinice su najvažniji unutarnji pokazatelj kvalitete jaja koji ukazuje na kvalitetu proteina i svježinu jaja. Vrijednosti HU razlikovale su se između ispitivanih skupina jaja (P<0,01). Jaja proizvođača A imala su najvišu visinu bjelanjka i značajno više vrijednosti HU u odnosu na skupinu C (77,05 odnosno 70,03). Jaja proizvođača B imala su visoke vrijednosti HU 73,82 te se nisu razlikovala od jaja A i C proizvođača. Iako su između proizvođača A i C utvrđene statistički značajne razlike u HU navedene vrijednosti u svim ispitivanim skupinama ukazuju na dobru kvalitetu i svježinu jaja. Prema navodima Silversides i Budgell (2004.), skladištenjem jaja neizbježno dolazi do slabljenja membrane koja odvaja žumanjak od bjelanjka. Intenzivira se prelazak vode iz bjelanjka u žumanjak zbog osmotskih razlika. Taj proces uzrokuje smanjenje visine i povećanje širine žumanjka i posljedično tome vrijednost indeksa žumanjaka se smanjuje. Budući da su u ovom istraživanju svi uzorci zadržali visoke i ujednačene vrijednosti indeksa žumanjka, te visoke vrijednosti HU može se zaključiti da nije došlo do značajnijih osmotskih promjena koje prate dugotrajno skladištenje jaja. Kod vrijednosti boje žumanjka uočena je statistički značajna razlika (P<0,001) između ispitivanih skupina jaja. Rezultati pokazuju da je proizvođač A ostvario najvišu vrijednost boje žumanjka (12,66), dok je kod proizvođača C boja bila najsvjetlija (11,31). Važno je naglasiti da intenzitet boje žumanjka nije izravni biokemijski pokazatelj svježine, već je, prema navodima Milinska i sur. (2003.), isključivo posljedica sastava krmne smjese koje nesilice konzumiraju. Poznato je da boja žumanjka ovisi o sadržaju i vrsti karotenoida i ksantofila prisutnih u krmnoj smjesi za nesilice. Ovi pigmenti mogu potjecati iz prirodnih izvora poput kukuruza i lucerne ili dolaze iz umjetnih pigmenata koji su prisutni u premiksu. Iako pigmenti ne mijenjaju osnovni nutritivni sastav proteina, oni su ključan faktor pri odabiru proizvoda od strane potrošača koji tradicionalno preferiraju intenzivniju boju žumanjka smatrajući neopravdano da je takvo jaje kvalitetnije.

U Tablici 3. prikazani su profili masnih kiselina u žumanjcima (% od ukupnih masnih kiselina) tri proizvođača s hrvatskog tržišta. Iz rezultata se uočava da ukupne zasićene masne kiseline (ΣSFA) pokazuju statistički značajne varijacije (P<0,01). Statistički značajna razlika u ukupnim SFA uočena je između skupina A i C u odnosu na skupinu B. Najniži udio zabilježen je kod proizvođača B (31,47 %), dok su udjeli SFA kod proizvođača A i C bili ujednačeni (32,51 % i 32,65 %). Najzastupljenija zasićena masna kiselina u jajima svih skupina bila je

Tablica 2. Pokazatelji unutarnje kvalitete jaja ($\bar{x}$±sd)
Table 2 Internal egg quality parameters ($\bar{x}$±sd)

Pokazatelj /Indicators	Proizvođač / Producer			P vrijednost P value
	A	B	C	
Visina bjelanjka / Albumen height (mm)	6,04±0,85	5,88±1,22	5,72±1,55	n.s.
HU	77,05±6,04^{a}	73,82±9,22^{ab}	70,03±11,80^{b}	<0,01
Boja žumanjka / Yolk colour	12,66±0,76^{a}	12,00±0,74^{b}	11,31±0,93^{c}	<0,001
Indeks žumanjka /Yolk index	0,41±0,03	0,40±0,03	0,39±0,03	n.s.
pH žumanjka / Yolk pH	6,24±0,15	6,26±0,17	6,34±0,22	n.s.
pH bjelanjka /Albumen pH	9,04±0,06	9,07±0,05	9,06±0,08	n.s.

Skupina A= jaja proizvođača Gala, skupina B = jaja proizvođača Žito, skupina C = jaja proizvođača Balticovo. Prosječne vrijednosti u redovima označeni različitim slovima a,b,c su statistički značajno različiti na razini P<0,05; P<0,01 i P<0,001.
Group A = egg producer Gala; Group B = egg producer Žito; Group C = egg producer Balticovo. The average values in the rows marked with different letters a,b,c are statistically significantly different at the P<0.05, P<0.01, and P<0.001 levels.

palmitinska masna kiselina, čije su vrijednosti u jajima svih proizvođača bile podjednake. Slične vrijednosti zabilježili su i Samman i sur. (2009.), koji navode da palmitinska masna kiselina dominira među zasićenim masnim kiselinama, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Udio MUFA u istraživanim uzorcima jaja bio je statistički značajan (P<0,001). Kod jaja proizvođača B utvrđen je izrazito visok udio MUFA (50,16 %), dok je kod proizvođača C ta vrijednost iznosila 44,7 %, a kod proizvođača A 42,05 %.

Ova razlika prvenstveno proizlazi iz varijacija u udjelu oleinske masne kiseline, koja je kod proizvođača B dosegnula 47,29 %, dok je kod proizvođača C iznosila 42,03 %, a kod proizvođača A 39,65 % (P<0,001). Prema istraživanju Milinsk i sur. (2003.), udio MUFA u jajima iz podnog uzgoja najčešće se kreće između 40 % i 48 %, što je u usporedbi s rezultatima naše B skupine značajno manji udio. Udjeli ukupnih n-6 PUFA kretale su se od 16,58 % (B skupina) do 23,80 % (A skupina). Ove vrijednosti u usporedbi s literaturnim vrijednostima su unutar očekivanih raspona. Samman i sur. (2009.) navode raspon od približno 15 % do 25 %, pri čemu linolna kiselina čini najveći udio, što je sukladno našem istraživanju. Udio ukupnih n-3 PUFA u ovom istraživanju kretao se od 1,36 % (skupina C) do 1,74 % (skupina B). Ove vrijednosti u skladu su s vrijed-

Tablica 3. Profil masnih kiselina u žumanjcima (% od ukupnih masnih kiselina)
Table 3 Fatty acid profile in egg yolks (% of total fatty acids)

Masna kiselina /Fatty acid	A	B	C	P vrijednost P value
Miristinska/ Myristic (C14:0)	0,22±0,01	0,22±0,03	0,20±0,02	n.s.
Pentadekanska / Pentadecanoic (C15:0)	0,06±0,01	0,06±0,01	0,07±0,01	n.s
Palmitinska / Palmitic (C16:0)	23,32±0,80	23,25±0,88	23,67±0,44	n.s.
Heptadekanska / Heptadecanoic (C17:0)	0,19±0,02^{a}	0,16±0,02^{b}	0,20±0,02^{a}	<0,001
Stearinska / Stearic (C18:0)	8,67±0,63^{a}	7,72±0,37^{b}	8,47±0,36^{a}	<0,001
Arahidinska / Arachidic (C20:0)	0,03±0,00^{a}	0,03±0,01^{a}	0,02±0,00^{b}	<0,01
Behenska / Behenic (C22:0)	0,02±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01	n.s.
∑SFA	**32,51±0,83^{a}**	**31,47±0,95^{b}**	**32,65±0,39^{a}**	**<0,01**
Miristoleinska / Myristoleic (C14:1)	0,03±0,00	0,04±0,00	0,03±0,00	n.s.
Palmitoleinska / Palmitoleic (C16:1)	2,01±0,27	2,39±0,38	2,21±0,34	n.s.
Heptadecenoinska / Heptadecenoic (C17:1)	0,14±0,01^{b}	0,15±0,02^{b}	0,17±0,01a	<0,001
Oleinska / Oleic (C18:1)	39,65±1,63^{c}	47,29±1,77^{a}	42,03±1,84^{b}	<0,001
Eikozaenska / Eicosenoic (C20:1n9)	0,23±0,01^{c}	0,29±0,02^{a}	0,26±0,02^{b}	<0,001
∑MUFA	**42,05±1,65^{c}**	**50,16±1,83^{a}**	**44,70±1,87^{b}**	**<0,001**
Linolna / Linoleic (C18:2 n-6t)	21,44±1,73^{a}	14,38±1,95^{c}	18,87±1,73^{b}	<0,001
ɣ-linolenska /ɣ-Linolenic (C18:3 n-6)	0,09±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01	n.s.
Eikosadienska / Eicosadienoic (C20:2 n-6)	0,23±0,03^{a}	0,17±0,01b	0,22±0,03^{a}	<0,001
Dihomogamalinolenska / Dihomogamma-linolenic (C20:3n-6)	0,15±0,01	0,16±0,02	0,16±0,01	n.s.
Arahidonska / Arachidonic (C20:4 n-6)	1,89±0,13	1,79±0,12	1,91±0,13	n.s.
∑n-6 PUFA	**23,80±1,71^{a}**	**16,58±2,03^{c}**	**21,25±1,78^{b}**	**<0,001**
α-linolenska / α-linolenic (C18:3 n-3)	0,75±0,06^{a}	0,69±0,11^{a}	0,56±0,11^{b}	<0,001
Eikozatrijenska / Eicosatrienoic (C20:3 n-3)	0,03±0,00	0,02±0,00	0,01±0,00	n.s.
Eikozapentaenska/ Eicosapentaenoic (C20:5 n-3)	0,02±0,00	0,03±0,00	0,02±0,00	n.s.
Dokhozaheksaenska/ Docosahexaenoic (C22:6 n-3)	0,79±0,07^{b}	1,00±0,07^{a}	0,77±0,04^{b}	<0,001
∑n-3 PUFA	**1,59±0,11^{b}**	**1,74±0,16^{a}**	**1,36±0,12^{c}**	**<0,001**

Skupina A= jaja proizvođača Gala, skupina B = jaja proizvođača Žito, skupina C = jaja proizvođača Balticovo. Prosječne vrijednosti u redovima označeni različitim slovima ^{a,b,c} su statistički značajno različiti na razini P<0,05; P<0,01 i P<0,001.
Group A = egg producer Gala; Group B = egg producer Žito; Group C = egg producer Balticovo. The average values in the rows marked with different letters ^{a,b,c} are statistically significantly different at the P<0.05, P<0.01, and P<0.001 levels.

nostima za jaja iz podnog uzgoja bez dodataka omega-3 izvora. Prema Kralik i sur. (2008.), udio n-3 masnih kiselina u konvencionalnim jajima proizvedenim u kaveznom sustavu držanja nesilica obično se kreće između 1 % i 2 %, dok se značajno povećanje postiže tek dodatkom lanenog sjemena ili ulja, te dodatkom ribljeg ulja u smjese za nesilice.

U Tablici 4. prikazani su rezultati indeksa zdravstvene kvalitete lipida žumanjaka. Indikatori zdravstvene kvalitete promatrani su kroz tri kategorije indeksa: kvalitativne, nutritivne i metaboličke. Sve navedene kategorije relevantne su za procjenu nutritivne vrijednosti jaja u kontekstu kardiovaskularnog zdravlja konzumenta. Pokazatelji kvalitativnih indeksa između ispitivanih uzoraka bili su statistički značajni (P<0,001). Proizvođač B imao je najpovoljniji omjer ∑n-6 PUFA / ∑n-3 PUFA (9,52), najniži omjer LA/ALA (20,84) te najveći sadržaj EPA+DHA, što upućuje na povoljniji profil masnih kiselina u jajima. Statistički značajno najveću vrijednost omjera ∑PUFA/∑SFA imala su jaja proizvođača A, što nam ukazuje da su ta jaja imala više PUFA u odnosu na SFA. Međutim kako su jaja sva tri proizvođača imala ovaj omjer veći od preporučenih 0,45 sva su jaja u pogledu spomenutog omjera povoljna (Ulbricht i Southgate, 1991.). Kralik i sur. (2025.) su u istraživanju zdravstvenih indeksa lipida konzumnih jaja s hrvatskog tržišta utvrdili iznimno visoku pozitivnu korelaciju između omjera LA/ALA i omjera n-6 PUFA/n-3 PUFA (r = 0,97), što upućuje na njihovu međusobnu povezanost i sličnu informativnu vrijednost u procjeni nutritivne ravnoteže masnih kiselina u lipidima žumanjka. Najveća vrijednost INV zabilježena je kod proizvođača B (2,36), i ona se statistički značajno (P<0,001) razlikuje od vrijednosti ovog indeksa kod proizvođača A (2,07) i proizvođača C (2,13). Veći INV kod proizvođača B sugerira povoljniji sastav masnih kiselina u žumanjku u usporedbi s ostala dva proizvođača. Aterogeni indeks (AI) bio je statistički značajno viši (P<0,001) kod proizvođača C (0,364) u usporedbi s proizvođačima A (0,359) i B (0,352). Niže vrijednosti AI smatraju se nutritivno povoljnijima jer ukazuju na manji potencijalni rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti (Radanović i sur., 2023.; Kralik i sur. 2025.).

Dobivene vrijednosti u ovom istraživanju u skladu su s rezultatima koje navode Omri i sur. (2019.). Niži AI kod proizvođača B može se povezati s većim udjelom nezasićenih masnih kiselina u krmnoj smjesi, što je u skladu s općim spoznajama o utjecaju hranidbe kokoši na lipidni profil jaja (Ulbricht i Southgate, 1991; Simopoulos, 2008.). Attia i sur. (2015.) utvrdili su u jajima s tržišta vrijednosti

Tablica 4. Indikatori zdravstvene kvalitete lipida žumanjaka
Table 4 Indicators of health quality of egg yolk lipids

Pokazatelji / indicators	A	B	C	P vrijednost P value
Kvalitativni indeksi / Qualitative indices				
∑PUFA/∑SFA	0,78±0,06^{a}	0,58±0,07^{c}	0,69±0,06^{b}	<0,001
∑n-6 PUFA / ∑n-3 PUFA	14,96±1,55^{a}	9,52±1,55^{b}	15,55±0,92^{a}	<0,001
LA /ALA	28,58±2,97^{b}	20,84±4,01^{c}	33,69±4,69^{a}	<0,001
EPA+DHA	0,81±0,07^{b}	1,03±0,07^{a}	0,79±0,04^{b}	<0,001
Nutritivni indeksi / Nutritional indices				
Indeks nutritivne vrijednosti / Nutritional value index (INV)	2,07±0,13^{b}	2,36±0,11^{a}	2,13±0,09^{b}	<0,001
Aterogeni indeks / Atherogenic index (AI)	0,359±0,01^{b}	0,352±0,02^{b}	0,364±0,02^{a}	<0,001
Trombogeni indeks / Thrombogenic index (TI)	0,853±0,03^{a}	0,806±0,03^{b}	0,871±0,02^{a}	<0,05
Hipo/hiperkolesterolemični indeks Hypo/hypercholesterolemic indeks (hHI)	2,765±0,12	2,801±0,15	2,708±0,13	n.s.
Metabolički indeksi / Metabolic indices				
Elongaza indeks / Elongase index (EI)	37,24±3,36^{a}	33,28±2,07^{b}	35,81±1,99^{a}	<0,01
Tioestaraza indeks / Thioesterase index (THI)	10139,7±957,9^{b}	10683,3±1167,3^{b}	11408,4±1025,1^{a}	<0,01

Skupina A= jaja proizvođača Gala, skupina B = jaja proizvođača Žito, skupina C = jaja proizvođača Balticovo. Prosječne vrijednosti u redovima označeni različitim slovima ^{a,b,c} su statistički značajno različiti na razini P<0,05; P<0,01 i P<0,001.
Group A = egg producer Gala; Group B = egg producer Žito; Group C = egg producer Balticovo. The average values in the rows marked with different letters ^{a,b,c} are statistically significantly different at the P<0.05, P<0.01, and P<0.001 levels.

AI u rasponu 0,434–0,533, a TI u rasponu 0,393–0,781. Njihove vrijednosti više su od vrijednosti AI i TI u našem istraživanju. Radanović i sur. (2023.) su u konvencionalnim jajima zabilježili vrijednosti AI od 0,498 što je značajno više u odnosu na naše rezultate, dok su im vrijednosti za TI bile 0,833, što je manje od naših vrijednosti A (0,853) i C (0,871) skupina, a više u odnosu na skupinu B (0,806). Trombogeni indeks bio je statistički značajno veći kod skupina A i C u odnosu na skupinu B (P<0,05). Navedene vrijednosti su usporedive s onima koje navode Attia i sur. (2015.) za izvore jaja s višim udjelom zasićenih masnih kiselina. Krawczyk i sur. (2015.) izvijestili su da se AI u jajima kretao od 0,37 do 0,41, a TI od 0,86 do 0,91, što je ovisilo o hranidbi nesilica. U našem istraživanju, s obzirom na činjenicu da su jaja kupljena na tržištu što znači da su proizvedena na tri različite farme, moglo bi se pretpostaviti da su različiti hranidbeni režimi, kao i drugi čimbenici na farmi, utjecali na pojedine nutritivne indekse. Kod vrijednosti hipo/hiperkolesterolemičnog indeksa nije bilo statistički značajnih razlika (P>0,05). Vrijednosti hHI kretale su se od 2,708 u C skupini do 2,801 u B skupini. S nutritivnog stajališta poželjne su više vrijednosti ovoga indeksa jer povećavaju udio hipokolesterolemičnih masnih kiselina u ukupnom lipidnom profilu. Dobivene vrijednosti usporedive su s onima koje navode Attia i sur. (2015.), kao i Kralik i sur. (2025.), koji su utvrdili slične raspone ovog indeksa u konzumnim jajima. Niže vrijednosti hHI kod proizvođača C mogu se povezati s najmanjim udjelom n-3 PUFA u analiziranoj skupini. Budući da povećanje udjela n-3 PUFA doprinosi povećanju hHI, njihova niža zastupljenost vjerojatno je pridonijela nepovoljnijoj vrijednosti ovog pokazatelja. Rezultate slične našima navode Radanović i sur. (2023.).

Indeks elongaze definira relativnu aktivnost enzima elongaze koji kataliziraju pretvorbu kratkolančanih u dugolančane masne kiseline, a posebice konverziju palmitinske u stearinsku kiselinu (King i sur., 2012.). Statistički značajne razlike između ispitivanih skupina utvrđene su na razini (P<0,01). Najviša vrijednost EI zabilježena je kod proizvođača A (37,24), zatim slijedi proizvođač C (35,81) dok je značajno niža vrijednost EI zabilježena kod proizvođača B (33,28). Niži EI kod proizvođača B može se dovesti u vezu s izrazito visokim udjelom oleinske kiseline (47,29 %), što sugerira da hranidbena strategija primijenjena kod ovog proizvođača utječe na elongacijske metaboličke puteve na drugačiji način u usporedbi s ostalim ispitivanim skupinama. Kralik i sur. (2025.) su u konzumnim jajima s hrvatskog tržišta utvrdili raspon vrijednosti EI sličan vrijednostima u ovom istraživanju.

Indeks tioesteraze predstavlja metabolički pokazatelj povezan s aktivnošću enzima tioesteraze u biosintezi masnih kiselina te se izračunava kao omjer palmitinske i miristinske kiseline (King i sur., 2012.). U ovom istraživanju utvrđene su statistički značajne razlike u vrijednostima THI između ispitivanih skupina (P<0,01). Najviša vrijednost zabilježena je kod proizvođača C (11408,4), dok su proizvođači A (10139,7) i B (10683,3) imali niže i međusobno usporedive vrijednosti. Budući da su udjeli palmitinske kiseline bili vrlo slični među skupinama, viša vrijednost THI kod proizvođača C prvenstveno je posljedica nešto nižeg udjela miristinske kiseline. Dobiveni rezultati upućuju na određene razlike u metabolizmu i biosintezi masnih kiselina među ispitivanim skupinama, koje mogu biti povezane sa sastavom hranidbene smjese nesilica (Attia i sur., 2015.).

Zaključak

Rezultati istraživanja pokazali su da se jaja različitih proizvođača razlikuju u pokazateljima kvalitete (masa jaja, masa bjelanjka, žumanjka i ljuske, čvrstoći i debljini ljuske, indeksu oblika, HU i boji žumanjka; P<0,05). Također se jaja razlikuju u profilu masnih kiselina (SFA, MUFA, n-6 PUFA i n-3PUFA; P<0,05) i svim lipidnim indeksima izuzev hHI (P<0,05). Najpovoljniji profil masnih kiselina i lipidne indekse imaju jaja proizvođača B. Dobivene razlike među proizvođačima vjerojatno su posljedica razlike u dobi i hranidbi nesilica kao i primijenjenim proizvodnim postupcima koji utječu na kvalitetu i nutritivnu vrijednost jaja. Zaključno, može se istaknuti da su kokošja jaja na tržištu Republike Hrvatske kvalitetna, no jaja proizvođača B predstavljaju najpovoljniji izbor s aspekta ljudske prehrane.

* Rezultati istraživanja dio su Diplomskog rada „Indeksi nutritivne kvalitete lipida u kokošjim jajima“ studenta Svena Horvata.

Literatura

[1] **Abeyrathne, E. D. N. S., K. C. Nam, X. Huang, D. U. Ahn (2022):** Egg yolk lipids: separation, characterization, and utilization. Food sci biotechnol., 31(10), 1243-1256. doi: 10.1007/s10068-022-01138-4

[2] **Anderson, K. E., J. B. Tharrington, P. A. Curtis, F. T. Jones (2004):** Shell characteristics of eggs from historic strains of Single Comb White Leghorn chickens and relationship of egg shape to shell strength. Int. J. Poult. Sci., 3(1), 17–19. doi:10.3923/IJPS.2004.17.19

[3] **Attia, Y. A., M. A. Al-Harthi, M. A. Korish, M. M. Shiboob (2015):** Fatty acid and cholesterol profiles and hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of table eggs in the retail market. Lipids in Health and Dis,, 14(1), 136.

[4] **Chen, Y., Y. Qiao, Y. Xiao, H. Chen, L. Zhao, M. Huang, G. Zhou (2016):** Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens, Asian-Australasian J. Anim. Sci., 29(6), 855–864. doi: 10.5713/ajas.15.0840

[5] **Dal Bosco, A., A. Cartoni Mancinelli, G. Vaudo, M. Cavallo, C. Castellini, S. Mattioli (2022):** Indexing of Fatty Acids in Poultry Meat for Its Characterization in Healthy Human Nutrition: A Comprehensive Application of the Scientific Literature and New Proposals, Nutrients, 14(15), 3027. doi: 10.3390/nu14153110.

[6] **Erek, M., E. Matur (2024):** Effects of housing systems on production performance, egg quality, tonic immobility and feather score in laying hens. Vete. Med. Sci,, 10(6), e70112. doi: 10.1002/vms3.70112.

[7] **Herron, K. L., M. L. Fernandez (2004):** Are the current dietary guidelines regarding egg consumption appropriate? J. Nutr., 134(1), 187–190.

[8] **King, E. J., A. Hugo, F. H. de Witt, H. J. van der Merwe, M. D. Fair (2012):** Effect of dietary fat source on fatty acid profile and lipid oxidation of eggs. S. Afr. J. Anim. Sci, 42(5), 503–506.

[9] **Kralik, G., Z. Škrtić, P. Suchý, E. Straková, Z. Gajčević (2008):** Feeding fish oil and linseed oil to laying hens to increase the n-3 PUFA in egg yolk. Acta Vet. Brno, 77(4), 561–568. https://doi.org/10.2754/avb200877040561

[10] **Kralik, Z., G. Kralik, M. Košević, I. Kralik (2025):** A fatty acid profile and the health lipid indices in table eggs, Poljoprivreda, 31(1), 66-75.

[11] **Krawczyk, M., M. Przywitowski, D. Mikulski (2015):** Effect of yellow lupine (L. luteus) on the egg yolk fatty acid profile, the physicochemical and sensory properties of eggs, and laying hen performance. Poultry Sci., 94(6), 1360-1367. https://doi.org/10.3382/ps/pev092

[12] **Lichovnikova, M. (2007):** The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. Br. Poult. Sci., 48(1), 71-75. DOI: 10.1080/00071660601148203

[13] **Milinsk, M. C., A. E. Murakami, S. T. M. Gomes, M. Matsushita, N. E. de Souza (2003):** Fatty acid profile of egg yolk lipids from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. Food Chem., 83(2), 287–292. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00094-3

[14] **Naviglio, D., M. Gallo, L. Le Grottaglie, C. Scala, L. Ferrara, A. Santini (2012):** Determination of cholesterol in Italian chicken eggs. Food chem., 132(2), 701-708. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.002

[15] **Omri, B., R. Chalghoumi, L. Izzo, A. Ritieni, M. Lucarini, A. Durazzo, H. Abdouli, A. Santini (2019):** Effect of dietary incorporation of linseed alone or together with tomato-red pepper mix on laying hens' egg yolk fatty acids profile and health lipid indexes. Nutrients, 11(4), 813. https://doi.org/10.3390/nu11040813

[16] **Pravilnik o tržišnim standardima za jaja NN 80/2024. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_07_80_1367.html**

[17] **Radanović, A., G. Kralik, I. Drenjančević, O. Galović, M. Košević, Z. Kralik (2023):** n-3 PUFA enriched eggs as a source of valuable bioactive substances. Foods, 12 (23), 4202. https://doi.org/10.3390/foods12234202

[18] **Sapp, P. A., K. S. Petersen P. M., Kris-Etherton (2022):** Dietary Fat: The Good, the Bad, and What Is Best?. In Nutrition Guide for Physicians and Related Healthcare Professions (pp. 309-318). Cham: Springer International Publishing.

[19] **Silversides, F. G., K. Budgell (2004):** The relationships among measures of egg albumen height, pH, and dry matter content. Poultry Sci, 83(2), 218-223. DOI: 10.1093/ps/83.10.1619

[20] **Simopoulos, A. P. (2008):** The Importance of the Omega6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. Ex.Biol. Med., 233(6), 674–688. https://doi.org/10.3181/0711-MR-311

[21] **Sugano, M., R. Matsuoka (2021):** Nutritional viewpoints on eggs and cholesterol. Foods, 10(3), 494. https://doi: 10.3390/foods10030494.

[22] **TIBCO Statistica® Document Management System (2026.):** Verzija 13.5.0. [dokumentacija], preuzeto 15. svibnja 2026. s https://docs.tibco.com/products/tibco-statistica-document-management-system-13-5-0

[23] **Ulbricht, T. L. V., D. A. T. Southgate (1991):** Coronary heart disease: Seven dietary factors, The Lancet, 338(8773), 985–992.

[24] **Vlčková, J., E. Tůmová, M. Ketta, M. Englmaierová, D. Chodová (2018):** Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs. Czech J. Anim. Sci., 63(2). DOI: 10.17221/77/2017-CJAS

Dostavljeno/Received: 10.06.2026. **Prihvaćeno/Accepted: 10.08.2026**

Quality, fatty acid profile and lipid indices of hen eggs on the Croatian market

Abstract

Chicken eggs are highly nutritious. The edible portion of the egg, consisting of the albumen and yolk, contains essential amino acids, fatty acids, vitamins, and trace elements, making eggs a valuable component of the human diet. This study aimed to evaluate the external and internal quality, fatty acid profile, and lipid quality indices of eggs produced in floor-rearing systems by three producers in the Republic of Croatia. Eggs were purchased from a retail store. Egg quality was assessed on 90 Class A eggs (size M), while the fatty acid profile was determined in 30 eggs (10 per group). Lipid nutritional quality indices were calculated based on the fatty acid profile. Significant differences in external egg quality traits were observed among the groups ($P < 0.05$). Egg weight, yolk weight, shell weight, and shape index were significantly higher in groups B and C than in group A. Among the internal quality traits, only HU and yolk colour differed significantly among the producers ($P < 0.05$). A more favourable fatty acid composition was found in eggs from producer B, whose yolks contained the highest proportions of monounsaturated fatty acids (MUFA) and n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFA), and the lowest proportions of saturated fatty acids (SFA) and n-6 polyunsaturated fatty acids (n-6 PUFA) ($P < 0.05$). The most favourable values of the qualitative indices (n-6 PUFA/n-3 PUFA ratio, LA/ALA ratio, and EPA + DHA) and nutritional lipid indices (Nutritional Value Index, NVI, and Thrombogenic Index, TI) were also recorded in producer B compared with producers A and C ($P < 0.05$). Metabolic indices differed significantly among the experimental groups ($P < 0.05$), and their values indicated lower activity of enzymes involved in the elongation of n-3 PUFA in group B, which may be associated with a greater availability of n-3 PUFA in the laying hens' diet. The results indicate that eggs from different producers differ significantly in quality, fatty acid composition, and lipid quality indices, with eggs produced by producer B showing the most favourable nutritional characteristics for human consumption.

Keywords: table eggs, floor-rearing system, egg quality, fatty acids, lipid indices

Qualität, Fettsäureprofil und Lipidindizes von Hühnereiern auf dem kroatischen Markt

Zusammenfassung

Hühnereier sind sehr nährstoffreich. Der essbare Teil des Eies, bestehend aus Eiweiß und Eigelb, enthält essenzielle Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine und Spurenelemente, was Eier zu einem wertvollen Bestandteil der menschlichen Ernährung macht. Ziel dieser Studie war es, die äußere und innere Qualität, das Fettsäureprofil sowie die Lipidqualitätsindizes von Eiern zu bewerten, die von drei Erzeugern in der Republik Kroatien in Bodenhaltungssystemen produziert wurden. Die Eier wurden in einem Einzelhandelsgeschäft erworben. Die Eierqualität wurde anhand von 90 Eiern der Klasse A (Größe M) bewertet, während das Fettsäureprofil an 30 Eiern (10 pro Gruppe) bestimmt wurde. Die Indizes für die ernährungsphysiologische Qualität der Lipide wurden auf der Grundlage des Fettsäureprofils berechnet. Zwischen den Gruppen wurden signifikante Unterschiede bei den äußeren Qualitätsmerkmalen der Eier festgestellt ($P < 0,05$). Das Eiergewicht, das Eigelbgewicht, das Schalengewicht und der Formindex waren in den Gruppen B und C signifikant höher als in Gruppe A. Bei den inneren Qualitätsmerkmalen unterschied sich lediglich der HU-Wert und die Eigelfarbe signifikant zwischen den Erzeugern ($P < 0,05$). Eine günstigere Fettsäurezusammensetzung wurde bei den Eiern von Produzent B festgestellt, dessen Eigelbe den höchsten Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und n-3-mehrfach ungesättigten Fettsäuren (n-3-PUFA) sowie den niedrigsten Anteil an gesättigten

Fettsäuren (SFA) und n-6-mehrfach ungesättigten Fettsäuren (n-6-PUFA) aufwiesen (P < 0,05). Die günstigsten Werte der qualitativen Indizes (Verhältnis von n-6-PUFA zu n-3-PUFA, LA/ALA-Verhältnis und EPA + DHA) sowie der ernährungsphysiologischen Lipidindizes (Ernährungswertindex, NVI, und Thrombogenitätsindex, TI) wurden ebenfalls bei Produzent B im Vergleich zu den Produzenten A und C verzeichnet (P < 0,05). Die Stoffwechselindizes unterschieden sich signifikant zwischen den Versuchsgruppen (P < 0,05), und ihre Werte deuteten auf eine geringere Aktivität der an der Verlängerung von n-3-PUFA beteiligten Enzyme in Gruppe B hin, was mit einer höheren Verfügbarkeit von n-3-PUFA in der Ernährung der Legehennen in Verbindung stehen könnte. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Eier verschiedener Erzeuger hinsichtlich Qualität, Fettsäurezusammensetzung und Lipidqualitätsindizes signifikant unterscheiden, wobei die Eier des Erzeugers B die günstigsten ernährungsphysiologischen Eigenschaften für den menschlichen Verzehr aufweisen.

Schlüsselwörter: Konsumeier, Bodenhaltung, Eierqualität, Fettsäuren, Lipidindizes

Calidad, perfil de ácidos grasos e índices lipídicos de los huevos de gallina comercializados en el mercado croata

Resumen

Los huevos de gallina presentan un elevado valor nutricional. La parte comestible del huevo, constituida por la clara y la yema, contiene aminoácidos esenciales, ácidos grasos, vitaminas y oligoelementos, lo que convierte a los huevos en un componente de gran valor de la alimentación humana. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad externa e interna, el perfil de ácidos grasos y los índices de calidad lipídica de huevos producidos en sistemas de cría en suelo por tres productores de la República de Croacia. Los huevos fueron comprados en un centro comercial. La calidad de los huevos se evaluó en 90 huevos de categoría A y tamaño M, mientras que el perfil de ácidos grasos se determinó en 30 huevos (10 por grupo). Los índices de calidad nutricional de los lípidos se calcularon a partir del perfil de ácidos grasos. Se observaron diferencias significativas entre los grupos en los parámetros de calidad externa de los huevos (P < 0,05). El peso del huevo, el peso de la yema, el peso de la cáscara y el índice de forma fueron significativamente superiores en los grupos B y C en comparación con el grupo A. Entre los parámetros de calidad interna, el HU y el color de la yema presentó diferencias significativas entre los productores (P < 0,05). Los huevos del productor B presentaron una composición de ácidos grasos más favorable: sus yemas contenían las mayores proporciones de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos poliinsaturados n-3 (n-3 PUFA), así como las menores proporciones de ácidos grasos saturados (SFA) y ácidos grasos poliinsaturados n-6 (n-6 PUFA) (P < 0,05). Los valores más favorables de los índices cualitativos (relación n-6 PUFA/n-3 PUFA, relación LA/ALA y EPA + DHA) y de los índices lipídicos nutricionales (Índice de Valor Nutricional, NVI, e Índice de Trombogenicidad, TI) también se registraron en los huevos del productor B en comparación con los productores A y C (P < 0,05). Los índices metabólicos mostraron diferencias significativas entre los grupos experimentales (P < 0,05), y sus valores indicaron una menor actividad de las enzimas implicadas en la elongación de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 en el grupo B, lo que podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de ácidos grasos poliinsaturados n-3 en la alimentación de las gallinas ponedoras. Los resultados indican que los huevos procedentes de diferentes productores presentan diferencias significativas en cuanto a su calidad, composición de ácidos grasos e índices de calidad lipídica, siendo los huevos del productor B los que mostraron las características nutricionales más favorables para el consumo humano.

Palabras claves: huevos de mesa, sistema de cría en suelo, calidad del huevo, ácidos grasos, índices lipídicos

Qualità, profilo degli acidi grassi e indici lipidici delle uova di gallina sul mercato croato

Riassunto

L'uovo di gallina è un alimento di elevato valore nutrizionale. La parte edibile dell'uovo, costituita dall'albume e dal tuorlo, contiene aminoacidi e acidi grassi essenziali, nonché vitamine e microelementi, risultando pertanto particolarmente indicata nell'alimentazione umana. L'obiettivo della ricerca è stato determinare la qualità esterna e interna delle uova, il profilo degli acidi grassi e gli indici lipidici nelle uova provenienti da sistemi di allevamento a terra di galline ovaiole di tre produttori della Repubblica di Croazia. Le uova sono state acquistate presso un centro commerciale. L'analisi della qualità delle uova è stata effettuata su 90 uova di categoria A e classe di peso M, mentre i profili degli acidi grassi sono stati determinati su 30 uova (10 per gruppo). Sulla base del profilo degli acidi grassi sono stati calcolati gli indici della qualità nutrizionale dei lipidi. Gli indicatori della qualità esterna delle uova differivano significativamente tra i gruppi ($P<0,05$). Il peso dell'uovo, il peso del tuorlo e del guscio, nonché l'indice di forma, erano significativamente maggiori nei gruppi B e C rispetto al gruppo A. Per quanto riguarda gli indicatori della qualità interna, è stata riscontrata una differenza significativa nel valore HU e nel colore del tuorlo tra i produttori ($P<0,05$). Un contenuto di acidi grassi più favorevole è stato riscontrato nelle uova del produttore B, nei cui tuorli è stata rilevata la percentuale più elevata di MUFA e PUFA n-3 e la percentuale più bassa di SFA e PUFA n-6 ($P<0,05$). I risultati più favorevoli relativi agli indici qualitativi (PUFA n-6/PUFA n-3, LA/ALA ed EPA+DHA) e nutrizionali (indice del valore nutrizionale/INV e indice trombogenico/TI) sono stati riscontrati nel produttore B rispetto ai produttori A e C ($P<0,05$). Gli indici metabolici differivano significativamente tra i gruppi esaminati ($P<0,05$) e i loro valori indicano una minore attività degli enzimi coinvolti nell'elongazione dei PUFA n-3 nel gruppo B, il che può essere correlato a una maggiore disponibilità di PUFA n-3 provenienti dalla miscela mangimistica destinata alle galline ovaiole. I risultati della ricerca mostrano che le uova di diversi produttori differiscono significativamente per qualità, profilo degli acidi grassi e indici lipidici, risultando le uova del produttore B le più favorevoli per l'alimentazione umana.

Parole chiave: uova da consumo, allevamento a terra, qualità delle uova, acidi grassi, indici lipidici

