

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Anita JANIŠ TANDLER

**VSEBNOST HOLESTEROLA IN MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA
JAJC KOKOŠI PRELUX-G IZ BATERIJSKE IN EKOLOŠKE REJE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**CHOLESTEROL CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF
EGGS LAID BY LAYING HENS KEPT IN BATTERY CAGES AND IN
ORGANIC FARMING SYSTEM**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

S tem diplomskim delom končujem univerzitetni študij kmetijstva – zootehniko. Opravljeno je bilo na Katedri za znanosti o rejah živali Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Del laboratorijskega dela je bil izveden na Odseku za znanosti o okolju Inštituta Jožef Stefan. Kemijske analize so bile opravljene v laboratoriju na Katedri za prehrano Oddelka za zootehniko.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Antonijo Holcman.

Recenzent: doc. dr. Dušan Terčič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Janez SALOBIR,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
Članica: prof. dr. Antonija HOLCMAN,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
Član: doc. dr. Dušan TERČIČ,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Anita Janiš Tandler

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 636.5:637.4(043.2)=163.6
KG perutnina/kokoši/prelux-G/jajca/holesterol/maščobne kisline
KK AGRIS L01/6100/9610
AV JANIŠ TANDLER, Anita
SA HOLCMAN, Antonija (mentorica)
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI 2016
IN VSEBNOST HOLESTEROLA IN MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJC
KOKOŠI PRELUX-G IZ BATERIJSKE IN EKOLOŠKE REJE
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP X, 55 str., 21 pregl., 6 pril , 64 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc smo določali v jajcih kokoši prelux-G iz baterijske in ekološke reje. V obeh rejah smo jajca vzorčili v različnih letnih časih (november, januar, marec, junij), v vsakem letnem času po en vzorec desetih jajc iz posameznega načina reje. V mesecu juniju smo v posameznem načinu reje dodatno vzeli sto jajc, in sicer deset zaporedno znesenih jajc po kokoši in teh deset jajc oziroma deset rumenjakov po kokoši smo združili v en vzorec. Vsebnost holesterola v rumenjaki smo določili z encimsko – spektrofotometrično metodo in maščobnokislinsko sestavo s plinsko kromatografijo. Ugotovili smo, da je način reje statistično značilno vplival na vsebnost holesterola v jajcu. V jajcih kokoši iz baterijske reje smo določili $12,92 \pm 0,74$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $25,80 \pm 1,35$ mg holesterola/g SS rumenjaka, v jajcih kokoši iz ekološke reje $13,23 \pm 0,41$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $26,88 \pm 1,14$ mg holesterola/g SS rumenjaka. Način reje, ki vključuje tudi prehrano kokoši, je značilno vplival na maščobnokislinsko sestavo jajca, razen na vsebnost stearinske in eikozatrienojske kisline. V jajcih kokoši iz ekološke reje je bilo manj nasičenih, enkrat nenasičenih in več večkrat nenasičenih, n-3 in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK 636.5:637.4(043.2)=163.6
CX Poultry/hens/ prelux-G/eggs/cholesterol/fatty acids
CC AGRIS L01/6100/9610
AU JANIŠ TANDLER, Anita
AA HOLCMAN, Antonija (supervisor)
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science
PY 2016
TI CHOLESTEROL CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF EGGS LAID BY LAYING HENS KEPT IN BATTERY CAGES AND IN ORGANIC FARMING SYSTEM
DT Graduation Thesis (University studies)
NO X, 55 p., 21 tab., 6 ann., 64 ref.
LA Sl
AL sl/en
AB Cholesterol content and fatty acid composition of eggs have been determined in eggs of prelux-G hens kept in battery cages and organic farming. Eggs were sampled in different seasons (November, January, March, June) in both housing systems; in every season one sample of ten eggs from both housing systems. In June one hundred eggs were taken from each housing system in the following manner: ten sequentially laid eggs from one hen or better to say ten yolks from one hen were brought together in one sample. Cholesterol content in yolks was determined by enzymatic – spectrophotometric method and fatty acid composition by gas chromatography. We have found out that the housing system has a statistically significant influence on the cholesterol content in eggs. In eggs from hens in battery cages $12.92 \text{ mg} \pm 0.74 \text{ mg}$ of cholesterol/g of yolk or $25.80 \pm 1.35 \text{ mg}$ of cholesterol /g DM yolk were determined. On the other hand, in eggs from organic farming $13.23 \pm 0.41 \text{ mg}$ of cholesterol/g of yolk or $26.88 \pm 1.14 \text{ mg}$ of cholesterol/g of yolk DM were determined. The housing system, including nutrition, has a significant influence on fatty acid composition of eggs, except on the stearic and eicosatrienoic acid. In the eggs from organically kept hens there were less saturated, monounsaturated and more polyunsaturated, n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in comparison with eggs from hens kept in battery cages.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 PRELUX-G	2
2.2 NAČINI REJE KOKOŠI NESNIC	3
2.2.1 Baterijska reja	3
2.2.2 Ekološka reja	4
2.3 HOLESTEROL	5
2.3.1 Holesterol v jajcu	5
2.3.2 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu	6
2.3.2.1 Genotip	6
2.3.2.2 Način reje in prehrane	8
2.3.2.3 Starost	10
2.4 MAŠČOBNE KISLINE	11
2.4.1 Maščobnokislinska sestava jajc	13
2.4.2 Dejavniki, ki vplivajo na maščobnokislinsko sestavo jajca	13
2.4.2.1 Genotip	13
2.4.2.2 Način reje in prehrane	15
2.4.2.3 Starost	20
3 MATERIAL IN METODE	21
3.1 MATERIAL	21
3.2 METODE DELA	22
3.2.1 Priprava vzorcev	22
3.2.2 Določitev sušine v vzorcu	22
3.2.3 Določitev vsebnosti holesterola v rumenjaku	22
3.2.3.1 Priprava vzorca za določitev vsebnosti holesterola	23
3.2.3.2 Določitev vsebnosti holesterola	23
3.2.3.3 Preverjanje pravilnosti metode določanja vsebnosti holesterola	25

3.2.4	Določitev vsebnosti maščobnih kislin v rumenjaku	25
3.2.4.1	Določitev deleža posameznih maščobnih kislin	25
3.2.4.2	Določitev vsebnosti posameznih MK s pomočjo internega standarda	27
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	28
4	REZULTATI Z RAZPRAVO	29
4.1	MASA JAJCA IN POSAMEZNIH SESTAVNIH DELOV JAJCA	29
4.2	VSEBNOSTI SUHE SNOVI	32
4.3	VSEBNOST HOLESTEROLA	33
4.3.1	Vsebnost holesterola v jajcih iz različnih načinov reje kokoši	34
4.3.2	Vsebnost holesterola v jajcih v različnih letnih časih	35
4.3.3	Primerjava vsebnosti holesterola v jajcih iz dveh različnih vzorčenj	36
4.3.4	Viri variabilnosti v vsebnosti holesterola	37
4.4	MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJCA	37
4.4.1	Maščobnokislinska sestava jajc iz različnih načinov reje	38
4.4.2	Maščobnokislinska sestava jajc v različnih letnih časih	40
4.4.3	Primerjava maščobnokislinske sestave jajc iz dveh različnih vzorčenj	44
4.4.4	Viri variabilnosti v maščobnokislinski sestavi	45
5	SKLEPI	48
6	POVZETEK	49
7	VIRI	51
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Primerjava proizvodnih parametrov prelux-G kokoši iz ekološke in baterijske reje (Drev, 2004:40)	2
Preglednica 2: Vsebnost holesterola v jajcu (USDA, 2016)	6
Preglednica 3: Vsebnost holesterola v jajcih D+ in D- linije kokoši (Terčič in sod., 2010:704)	8
Preglednica 4: Okrajšana imena po ω oz. n sistemu, kemijska in trivialna imena (Koman Rajšp in Stibilj, 1998:249)	12
Preglednica 5: Vsebnost nasičenih, enkrat nenasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin v jajcu, izraženo v g maščobne kisline/100 g jajčne vsebine in g maščobne kisline/100 g rumenjaka (USDA, 2016)	13
Preglednica 6: Maščobnokislinska sestava rumenjaka štajerske kokoši dveh načinov reje (Simčič in sod., 2011: 875-876)	15
Preglednica 7: Tabelarni prikaz načina vzorčenja jajc iz dveh načinov reje za potrebe kemijskih analiz	21
Preglednica 8: Osnovni statistični parametri za maso jajca in posamezne sestavne dele jajca pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)	30
Preglednica 9: Povprečni deleži posameznih sestavnih delov jajca (%) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)	30
Preglednica 10: Povprečna masa jajca in posameznih sestavnih delov jajca pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n=10)	31
Preglednica 11: Povprečni deleži posameznih sestavnih delov jajca (%) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n=10)	32
Preglednica 12: Osnovni statistični parametri za vsebnost suhe snovi v rumenjaku (g SS/kg svežega rumenjaka) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)	33
Preglednica 13: Vsebnost holesterola v rumenjaku pri kokoših prelux-G iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2), izražena na različne načine (*n=20)	34

Preglednica 14: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola v rumenjaku pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)	35
Preglednica 15: Vsebnost holesterola v rumenjaku (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1)	36
Preglednica 16: Vsebnost holesterola v rumenjaku (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju	37
Preglednica 17: Ocene srednjih vrednosti in statistična značilnost razlik med načinoma reje v vsebnosti holesterola v jajcu (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) (*n = 20)	37
Preglednica 18: Osnovni statistični parametri za maščobnokislinsko sestavo jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)(*n = 20)	40
Preglednica 19: Maščobnokislinska sestava jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n = 2)	43
Preglednica 20: Maščobnokislinska sestava jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju	45
Preglednica 21: Srednje vrednosti s standardnim odklonom in statistična značilnost razlik med načinoma reje v maščobnokislinski sestavi jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) določena z wilcoxonovim testom vsote rangov (*n = 20)	46

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz dveh načinov reje
- Priloga B: Vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz dveh načinov reje vzorčeno v različnih letnih časih
- Priloga C: Osnovni statistični parametri za maščobnokislinsko sestavo jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2) (*n = 20)
- Priloga D: Maščobnokislinska sestava jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n = 2)
- Priloga E: Maščobnokislinska sestava jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju
- Priloga F: Srednje vrednosti s standardnim odklonom in statistična značilnost razlik med načinoma reje v maščobnokislinski sestavi jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) določena z wilcoxonovim testom vsote rangov (*n = 20)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

NMK	nasičene maščobne kisline
ENMK	enkrat nenasičene maščobne kisline
VNMK	večkrat nenasičene maščobne kisline
EPK	eikozapentaenojska kislina (20:5, n-3)
DPK	dokozapentaenojska kislina (22:5, n-3)
DHK	dokozaheksaenojska kislina (22:6, n-3)
MK	maščobne kisline

1 UVOD

Jajce je odlično živilo z vidika prehranske, senzorične in funkcionalne vrednosti. Vsebuje mnoge esencialne snovi za rast in razvoj človeškega organizma (Holcman, 1998). Kljub navedenemu je leta 1990 v razvitem svetu zabeležen padec uživanja jajc, predvsem zaradi velike vsebnosti holesterola v jajcih. Zmanjšanje uživanja jajc je posledica negativne reklame proti holesterolu v hrani, saj je povečana vrednost holesterola v krvi eden izmed razlogov za nastanek srčno žilnih bolezni (Farrel, 2013). Vendar imajo na povišanje koncentracije holesterola v krvi večji vpliv nasičene in trans maščobe kot zaužiti holesterol (Sparks, 2006). Hrana ima le 25 % delež vpliva, drugi dejavniki tveganja imajo večji vpliv (Farrel, 2013). V literaturi navajajo različne vsebnosti holesterola v jajcu, od 170 do 300 mg. Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcih so pasma kokoši, starost kokoši, nesnost in prehrana (Holcman, 1998).

Za človeka so nujno potrebne dolgoverižne nenasičene maščobne kisline in zaradi tega najpomembnejša sestavina za vrednotenje različnih maščob. Pomembno je ohranjanje razmerja med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami, priporočeno razmerje je 5:1, vendar je to razmerje v prehrani Evropejcev precej širše, tudi do 25:1. V jajčnem rumenjaku so prisotne predvsem tiste maščobne kisline, ki jih žival zaužije s krmo. Z dodajanjem na primer ekstraktov iz rib, alg, lanenega semena, v krmo kokoši obogatimo jajca z n-3 večkrat nenasičenimi maščobami (Holcman in sod., 2004).

Vedno več uporabnikov jajc želi biti seznanjenih, v katerem načinu reje so bila jajca pridobljena. Običajno povezujejo ekstenzivnejše načine reje, kjer so kokoši v naravi, z boljšo kakovostjo jajc (Holcman in sod., 2014). Rejci morajo za posamezni način reje upoštevati zahteve, ki so navedene v pravilnikih. Glede predpisanih normativov je najzahtevnejša ekološka reja, ki ima še dodatno zahtevo za krmo, saj morajo kokoši krmiti s krmo pridelano na kmetijskih površinah na način, kjer niso bila uporabljena zaščitna sredstva in mineralna gnojila. Potrebno je poudariti, da izraz način reje vključuje tudi prehrano kokoši, ki pa ima na nekatere lastnosti jajc velik ali celo največji vpliv.

V diplomski nalogi smo želeli proučiti vpliv načina reje (baterijska, ekološka) na vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc. Poleg navedenega smo proučili tudi vpliv letnega časa na spreminjanje vsebnosti holesterola in maščobnih kislin v rumenjakih jajc ter vpliv načina vzorčenja na rezultate.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRELUX-G

Komercialni križanci prevojski luksuriranci ali s kratico prelux so plod domačega selekcijskega dela (Holcman in Ločniškar, 1998). Prelux - G je križanka med slovensko rjavo kokošjo in slovenskim grahastim petelinom (Ločniškar in sod., 1991). Je nesnica, ki ima grahasti vzorec perja. Spol grahastega preluxa se že prvi dan loči po različni hitrosti operjanja. Jarkice so zgodaj operjene in petelinčki pozno operjeni (Holcman in sod., 2014).

Prvotni namen selekcijskega dela pri prelux-G je bil pridobiti kokoš lepe zunanosti, ki bi bila primerna za rejo na kmečkem dvorišču. Bila naj bi nekoliko težja kot so tipične nesnice in kljub temu naj bi znesla veliko jajc. Izkazalo se je, da je primerna tudi za intenzivnejše oblike reje (Ločniškar in sod., 1991), kar je potrdila celoletna raziskava nesnic prelux - G v baterijski reji (Holcman in sod., 1996). Po njej lahko povzamemo, da jarkice prelux – G dozori pri starosti 20,9 tedna in telesni masi 2256 g. Letno znesejo 296 jajc, ki so težka povprečno 58,6 g. Na dan kokoš porabi 127 g krme, za kilogram jajčne mase pa 2,7 kg krme. So vitalne, na kar kaže majhen pogin (2,9 %) in dobro zdravstveno stanje. Vse te lastnosti so zanimive za manj intenzivne in ekološke reje, kar potrjujejo tudi novejša raziskava (Holcman in sod., 2014). V celoletnem poizkusu je grahasta prelux znesla v baterijski reji 308 jajc s povprečno maso 60 g, v ekološki reji je v enem letu ta kokoš znesla 294 jajc s povprečno maso 60 g.

Preglednica 1: Primerjava proizvodnih parametrov prelux-G kokoši iz ekološke in baterijske reje (Drev, 2004:40)

Lastnost	Baterijska reja	Ekološka reja
Starost ob spolni dozorelosti (tedni)	20	21
Telesna masa jarkic v 18. tednu (kg)	1,75	1,74
Telesna masa kokoši v 72. tednu (kg)	2,51	2,44
Povprečna nesnost na dejansko število kokoši (%)	83,2	80,5
Število jajc na dejansko število kokoši	303	293
Povprečna masa jajc (g)	61,32	59,96
Poraba krme (g/dan)	120,3	135,4
Izkorišcanje krme (g krme/jajce)	147,6	178,1

Primernost grahaste prelux-G nesnice za ekološko rejo je v diplomski nalogi proučevala Drev (2004). Primerjala je proizvodne parametre jajc prelux-G kokoši iz ekološke reje s proizvodnimi parametri enako starih grahastih prelux-G kokoši v okviru drugega poskusa v baterijski reji (preglednica 1). Ugotovila je, da se je grahasta prelux kokoš izkazala v ekološki reji kot dobra nesnica.

2.2 NAČINI REJE KOKOŠI NESNIC

Osnovni načini reje kokoši nesnic so baterijska, talna, pašna in ekološka reja. Po tej razporeditvi tudi označujemo jedilna jajca (Holcman in sod., 2014).

2.2.1 Baterijska reja

Rejo kokoši v kletkah, ki so povezane v baterijo, imenujemo baterijska reja. Kokoši nesnice je od začetka leta 2012 dovoljeno rediti le v obogatenih kletkah (Holcman in sod., 2014). V obogatenih kletkah mora biti zagotovljeno vsaj 750 cm^2 površine kletke na kokoš nesnico, od katere mora biti 600 cm^2 uporabne površine. Skupna površina kletke mora biti večja od 2.000 cm^2 . Uporabna površina predstavlja kokoši nesnicam neomejeno dostopno površino, ki mora biti široka vsaj 30 cm, z največjim nagibom tal 14 %. Površina gnezda oziroma površina skupinskih gnezd ne predstavlja uporabne površine. Višina kletke, razen višine nad uporabno površino, ki mora biti visoka vsaj 45 cm, mora biti najmanj 20 cm na vsaki točki. Gnezdo je ločen prostor za nesenje jajc. Tla gnezda ne smejo biti iz žične mreže. Vsaka kokoš nesnica mora imeti na voljo 15 cm gredi in krmilnik dolžine 12 cm. Napajalni sistem kletke mora biti primeren številu nesnic. Pri napajalnih skodelicah ali kapljičnih napajalnikih morata biti vsaj dva v dosegu vsake kokoši nesnice. Kletke morajo biti opremljene s pripravami za obrabo krempljev. Nastil mora biti suh, čist in za zdravje kokoši nesnic neškodljiv krhek material, ki kokošim nesnicam omogoča brskanje in kljuvanje. V primeru, da je v hlevu več vrst baterij, mora biti prehod med posameznimi vrstami kletk širok vsaj 90 cm. Od tal do spodnje vrste kletk mora biti najmanj 35 cm (Pravilnik o zaščiti ..., 2010).

2.2.2 Ekološka reja

Zakonsko podlago za ekološko rejo kokoši nesnic oz. prodajo jajc iz ekološke reje predstavlja Pravilnik o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih pridelkov oziroma živil (2014), Uredba sveta (ES) št. 834/2007 in Uredba komisije (ES) št. 889/2008.

Osnova za ekološko rejo kokoši nesnic je pašna reja z nekaterimi dodatnimi in ostrejšimi zahtevami (Holcman in sod., 2014). Pri ekološki reji imajo pri izbiri pasem prednost avtohtone pasme in linije kokoši nesnic. Namestitev kokoši nesnic v kletke ni dovoljena. Objekti morajo imeti vsaj eno tretjino talne površine polno, ta del ne sme biti izdelan iz rešetk ali mreže, prekrit mora biti z nastiljem (slama, žagovina, pesek ali šota). Vsaka kokoš nesnica mora imeti na voljo 18 cm gredi. Eno gnezdo je lahko za največ sedem kokoši, v primeru skupnih gnezd mora biti zagotovljeno 120 cm² na kokoš. Vhodne oz. izhodne odprtine morajo ustrezati velikosti perutnine, te pa morajo skupaj meriti vsaj 4 m na 100 m² nastanitvene površine. Dovoljeno je največ 6 kokoši nesnic na m² notranje uporabne površine hleva. V posameznem hlevu je lahko največ 3000 kokoši nesnic. V izpustu je v primeru kroženja potrebno zagotoviti 4 m² površine na kokoš nesnico, pri tem ne sme biti presežena omejitev 170 kg N/ha/leto, to pomeni največ 230 kokoši nesnic na hektar. Površine na prostem morajo biti v glavnem poraščene z rastlinjem. Umetna svetloba lahko dopolni naravno, s tem, da se zagotovi največ 16 ur svetlobe na dan, vendar mora biti neprekinjen nočni počitek brez umetne svetlobe vsaj osem ur (Uredba ..., 2008).

Holcman in sod. (2014) priporočajo, da je izpust v ekološki reji sestavljen iz dveh delov in sicer iz zimskega vrta in travnega izpusta. Zimski vrt oz. pokrit izpust kokošim nudi zaščito pred vremenskimi nevšečnostmi in plenilci in omogoča, da se lahko kokoši zadržujejo zunaj v vseh letnih časih. Zimski vrt ob hlevu ima podaljšano stabilno ali premično streho, tla naj bi bila iz materiala, ki ga lahko čistimo (največkrat betonska), nastlana z oblanci, slamo, peskom ali mešanico peska in slame kar omogoča kokošim prašne kopeli in brskanje. Potrebno je zagotoviti vsaj en m² zimskega vrta za deset kokoši nesnic. Izpustnih odprtih mora biti dovolj, da kokoši neovirano prehajajo iz hleva in v hlev. Odpiramo in zapiramo jih tako, da so kokoši v zimskem vrtu v aktivnem času dneva. V primeru paše se izpust iz zimskega vrta nadaljuje na travne površine. Pašnik razdelimo na čredinke. Travna ruša mora biti gosta in nizka. Po vsaki preselitvi perutnine poskrbimo za obnovo ruše. Izkoriščenost travne ruše je odvisna od velikosti jate. Večja je jata, manj živali zapušča hlev. Živali se najraje zadržujejo ob hlevu. Za odhod na pašo potrebujejo vzpodbudo, na primer del krmnega obroka, senco, zavetje, prašne kopeli.

2.3 HOLESTEROL

Holesterol so iz žolčnih kamnov prvič izolirali leta 1784. Njegova struktura je bila razjasnjena v 30. letih prejšnjega stoletja. Holesterol je steroid in spada med lipide. Za življenje živali je nujno potreben in je pomembna komponenta živalskih membran. Pomemben je tudi kot prekursor pri biosintezi steroidnih hormonov, žolčnih kislin in vitamina D (Boyer, 2005). Potrebna količina holesterola v celicah je zagotovljena z lastno sintezo predvsem v jetrih in z zaužito hrano. Količina, ki se sintetizira v celicah je približno sedemkrat večja od količine holesterola, ki se absorbira iz hrane. Holesterol je netopen v vodi in se po krvni plazmi prenaša kot lipoproteinski kompleks, sestavljen je iz specifičnih proteinov imenovanih apolipoproteini in triacilglicerolov, fosfolipidov in holesterola (Laker, 2005). Poznamo več vrst lipoproteinov, razvrščamo jih po njihovi gostoti. Lipidi so specifično lažji od proteinov, zato večji delež lipidov zmanjša gostoto lipoproteinov.

Vloga glavnih lipoproteinov:

Hilomikroni so lipoproteini z najmanjšo gostoto. Nastajajo v črevesju iz lipidov hrane, se absorbirajo in se preko limfe izločijo v kri ter prenesejo do perifernih tkiv, kjer se sprostijo maščobne kisline.

Lipoproteini zelo majhne gostote (VLDL) nastanejo v jetrih. Prenašajo lipide do maščevja in drugih perifernih tkiv, kjer se uporabijo kot vir energije ali pa se skladiščijo.

Lipoproteini majhne gostote (LDL) nastanejo v krvi iz VLDL. So glavni prenašalci holesterola po krvi. Holesterol prenašajo iz jeter do perifernih tkiv.

Lipoproteini velike gostote (HDL) se nepopolno sintetizirajo v jetrih. Prenašajo se po krvi, kjer zberejo presežni holesterol iz perifernih tkiv in ga prenesejo do jeter. Ta proces se imenuje obratni prenos holesterola (Boyer, 2005).

2.3.1 Holesterol v jajcu

Jajce vsebuje povprečno 4 mg/g jajca oz. 60 g težko jajce vsebuje približno 240 mg holesterola. Po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije bi lahko človek dnevno zaužil 300 mg holesterola (Holcman in sod., 2004). Vsebnost holesterola v jajčni vsebini in v rumenjaku je podana v preglednici 2.

Preglednica 2: Vsebnost holesterola v jajcu (USDA, 2016)

Vsebnosti holesterola	
mg holesterola/100 g jajčne vsebine	372
mg holesterola/100 g SS jajčne vsebine	1630
mg holesterola/100 g rumenjaka	1085
mg holesterola/100 g SS rumenjaka	2307

2.3.2 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu

Na vsebnost holesterola v jajcu vplivajo različni dejavniki, kot so npr. pasma, starost kokoši, nesnost in prehrana. S selekcijo spremenimo vsebnost holesterola v jajcih predvsem v smeri povečanja holesterola. Selekcija na manjšo vsebnost holesterola negativno vpliva na proizvodnost in valilnost. V valilnem jajcu je za normalen razvoj zarodka potrebno najmanj 2,5 % holesterola v suhi snovi rumenjaka (Holcman, 1998).

2.3.2.1 Genotip

Gissel in sod. (1976a) so ugotovili, da je vsebnost holesterola v jajcih odvisna od pasme kokoši in da vsebnost holesterola znotraj pasme ni konstantna, nihanja znotraj pasme so različno velika. Določili so vsebnost holesterola v rumenjaki desetih pasem kokoši in sicer svetli orpington, beli viandot, amrocks, barnevelder, pritlikavi viandot, črna italijanka, vestfalski totleger, svetli saseks, veliki rodajland, pritlikava italijanka. Povprečna vrednost holesterola v rumenjaku vseh desetih pasem je 1,073 %. Pritlikave pasme so imele manjšo vsebnosti holesterola v rumenjaku (0,84 % in 0,94 %) kot velike pasme (1,07 % do 1,31 %).

Gissel in sod. (1976b) so v drugem poskusu raziskali vsebnost holesterola v jajcih treh hibridov kokoši nesnic (HNL, shaver, babcock) in ugotovili, da se hibridi v vsebnosti holesterola v rumenjaku ne razlikujejo.

Damme in Schuster (1992) sta primerjala vsebnost holesterola v jajcih kokoši, ki nesejo jajca z belo, rjavo in zeleno barvo lupine. V poskus sta vključila tri linije kokoši, ki nesejo jajca z belo barvo lupine (leghorn linije B, C in F), dve liniji kokoši, ki nesejo jajca z rjavo

barvo lupine (bela plimutka, rodajland), eno pasmo kokoši, ki nese jajca z zeleno barvo lupine (araukana) in dve križanki. Ugotovila sta, da v koncentraciji holesterola v rumenjaku ni razlik med jajci z belo in rjavo barvo lupine, medtem ko so imela jajca z zeleno barvo lupine 7 % več holesterola na 100 g rumenjaka.

Campo (1995) je preučeval vsebnost holesterola v jajcih štirih španskih pasem kokoši (castellana, buff part, vasca in villafranquina), križank med castellana in buff part kokošmi in belega leghorna. Ugotovil je statistično značilno razliko med pasmami ($P < 0,001$). Koncentracija holesterola v rumenjaku križanke je bila statistično značilno nižja ($13,14 \pm 0,26$ mg/g rumenjaka) kot pri ostalih pasmah, kar pripisuje učinku heterozisa. Pasm villafranquina in buff part sta imeli značilno manjšo vsebnost holesterola ($14,54 \pm 0,26$ in $14,56 \pm 0,26$ mg/g rumenjaka) kot beli leghorn ($16,30 \pm 0,26$ mg/g rumenjaka), castellana ($15,65 \pm 0,26$ mg/g rumenjaka) in vasca ($19,09 \pm 0,26$ mg/g rumenjaka), ki je imela značilno večjo vsebnost holesterola kot ostale pasme.

Simčič in sod. (2009) so med seboj primerjali vsebnost holesterola v rumenjakih slovenske avtohtone pasme štajerske kokoši in isabrown kokoši v baterijski in pašni reji. Ugotovili so, da na vsebnost holesterola v jajcu značilno vpliva genotip kokoši v obeh načinih reje. V baterijski reji je bila večja vsebnost holesterola v rumenjaku štajerske kokoši ($13,1 \pm 0,43$ mg/g rumenjaka) kot isabrown kokoši ($11,4 \pm 0,49$ mg/g rumenjaka), prav tako so tudi v pašni reji določili večjo vsebnost holesterola v rumenjaku štajerske kokoši ($13,6 \pm 0,22$ mg/g rumenjaka) kot v jajcih isabrown kokoši ($11,8 \pm 0,30$ mg/g rumenjaka).

Vsebnost holesterola v jajcih dveh turških pasem kokoši (denizli in gereze) in dveh hibridov kokoši nesnic, ki nesejo jajca z belo in rjavo barvo lupine, so raziskali Sarica in sod. (2009). Med skupinami kokoši so značilne razlike v koncentraciji holesterola v rumenjaku ($p < 0,01$). Čiste pasme so imele značilno manjšo vrednost holesterola v rumenjaku kot hibridi. Med čistima pasmama ni bilo značilnih razlik v koncentraciji holesterola.

Terčič in sod. (2010) so proučevali vsebnost holesterola v jajcih nesnic, ki so bile selekcionirane na različno telesno maso. Selekcijo na večjo (D+) in manjšo (D-) telesno maso so izvajali 31 generacij glede na maso pri starosti osmih tednov. Kokoši obeh linij so bile naseljene v kurnice brez oken na globokem nastilu, krmljene s popolno krmno mešanico. Jajca so bila zbrana od 49 tednov starih kokoših. Jajca linije D- so vsebovala manj holesterola (mg/jajce, mg/rumenjak, mg/SS rumenjaka) kot jajca D+ linije toda, če je

bil holesterol izražen v mg/g jajca ali mg/g jajčne vsebine med linijama ni bilo značilnih razlik (preglednica 3). To pripisujejo dejstvu, da je bilo razmerje med maso rumenjaka in beljaka manjše pri liniji D+ kot pri D- liniji.

Preglednica 3: Vsebnost holesterola v jajcih D+ in D- linije kokoši (Terčič in sod., 2010:704)

Vsebnost holesterola	Linija D+	Linija D-	Značilnost
mg/jajce	341,47 ± 8,33	212,37 ± 8,33	p ≤ 0,001
mg/g jajca	4,43 ± 0,12	4,38 ± 0,12	ni značilno
mg/g užitnega jajca	4,98 ± 0,13	4,97 ± 0,13	ni značilno
mg/g rumenjaka	16,05 ± 0,35	13,73 ± 0,35	p ≤ 0,001
mg/g SS rumenjaka	31,13 ± 0,67	26,6 ± 0,67	p ≤ 0,001

2.3.2.2 Način reje in prehrane

Zemková in sod. (2007) so preučevali vpliv reje kokoši nesnic v neobogatenih, obogatenih kletkah, talni in pašni reji na vsebnost holesterola v jajcih. Ugotovili so, da ima način reje statistično značilen vpliv na koncentracijo holesterola v rumenjaku in v jajcu. Najnižja koncentracija holesterola je bila v obogatenih kletkah (12,5 mg/g rumenjaka in 211,2 mg/jajce) in najvišja v talni reji (14,1 mg/g rumenjaka in 242,6 mg/jajce). Vsebnost holesterola v jajcih iz neobogatenih kletk (13,3 mg/g rumenjaka in 231,2 mg/jajce) in pašne reje (13,4 mg/g rumenjaka in 228,5 mg/jajce) je bila podobna. Ugotovili so, da na koncentracijo holesterola v jajcih iz pašne reje vpliva vnos krme iz pašne.

Pišťeková in sod. (2006) so primerjali vsebnost holesterola v jajcih kokoši nesnic rejenih v baterijski in talni reji in ugotovili, da so jajca iz talne reje vsebovala statistično značilno več holesterola v rumenjaku kot jajca iz baterijske reje.

Krawczyk in Gornowicz (2010) sta preučevali poljski hibrid messa 45 in ugotovili, da ni statistično značilnih razlik v vsebnosti holesterola med jajci kokoši iz talne in pašne reje. Jajca iz pašne reje imajo nekoliko večjo vsebnost holesterola kot jajca iz talne reje.

V drugem poskusu so Krawczyk in sod. (2011) ugotavljali vpliv talne in pašne reje na vsebnost holesterola pri dveh čistih poljskih pasmah kokoši: greenleg partridge (Z11) in yellowleg partridge (Z33). Pri obeh pasmah so v pašni reji določili manjšo vsebnost

holesterola (Z11 13,8 mg/g rumenjaka in Z33 14,0 mg/g rumenjaka) kot pri talni reji (Z11 14,0 mg/g rumenjaka in Z33 14,5 mg/g rumenjaka).

Trziszka in sod. (2004) so ugotovili, da v vsebnosti holesterola v jajcih nesnic tetra SL iz baterijske reje in nesnic greenleg partridge iz pašne reje ni razlik. Pri obeh rejah so opazili relativno majhno vsebnost holesterola v rumenjaku (pod 200 mg/rumenjak).

Do podobnih rezultatov so prišli Senčić in sod. (2006). Ugotavljali so vpliv načina reje na vsebnost holesterola v jajcih kokoši rjavi lohmann. Enako stare kokoši so razdelili v dve skupini, v baterijsko in pašno rejo. Obe skupini sta bili krmljeni z enako krmo z izjemo paše. V vsebnosti holesterola med pašno (12,20 mg/g rumenjaka) in baterijsko rejo (12,15 mg/g rumenjaka) niso opazili statistično značilnih razlik.

Anderson (2011) je proučeval vsebnosti holesterola v jajcih nesnic rjavi hyline v baterijski in pašni reji. Ugotovil je, da ni razlik med baterijsko (163,42 mg holesterola/50 g jajca) in pašno rejo (165,38 mg holesterola/50 g jajca) v vsebnosti holesterola v jajcih.

Nasprotno so Minelli in sod. (2007) dokazali značilno večjo vsebnost holesterola v rumenjaku nesnic rjavi hyline iz pašne reje (1,26 %) kot iz baterijske reje (1,21 %). Jajca so bila zbrana pri različni starosti nesnic in sicer 28 – 32 teden, 47 – 52 teden in 70 – 73 teden. Vsebnost holesterola je bila manjša na sredini nesnega obdobja.

Sari in sod. (2001) so proučevali vpliv postopnega dodajanja lanenega semena (0 %, 5 %, 10 %, 15 %) v krmno mešanico za kokoši nesnice. Nivo holesterola v jajcu se je zmanjševal s povečanim deležem lanenega semena v krmi za kokoši. Najmanjša vsebnost holesterola v rumenjaku (12,6 mg holesterola/g rumenjaka) je bila v jajcih kokoši, ki so bile krmljene s krmno mešanico s 15 % lanenega semena, največja vsebnost (13,6 mg holesterola/g rumenjaka) pa je bila v jajcih kokoši krmljenih s krmo brez lanenega semena.

Vpliv nadomestitve sojine moke kot vira beljakovin s sončnično moko v krmni mešanici za kokoši na vsebnost holesterola v jajcu so proučevali Shi in sod. (2012). Z dodatkom sončnične moke v krmno mešanico za kokoši se je zmanjšala vsebnost holesterola v jajcu. Do podobnih rezultatov so prišli Laudadio in sod. (2014). Ugotovili so, da se je v jajcih kokoši krmljenih z dodatkom sončnične moke z malo vlaknine, zmanjšala vsebnost skupnega holesterola (11,05 mg/g rumenjaka), LDL holesterola (3,77 mg/g rumenjaka) in povečala vsebnost HDL holesterola (7,44 mg/g rumenjaka) v primerjavi z vsebnostjo holesterola v jajcih kokoši, krmljenih s krmno mešanico z dodano sojino moko (12,91 mg

holesterola/g rumenjaka, 4,15 mg LDL holesterola/g rumenjaka, 6,21 mg HDL holesterola/g rumenjaka).

Dodajanje moke rdeče rakovice v krmno mešanico za kokoši (0 %, 3 %, 6 %) ni vplivalo na vsebnost holesterola v jajcih (Carrillo – Dominguez in sod., 2005).

Mikulski in sod. (2012) so proučevali vpliv probiotikov (*Lactococcus acidilactici* MA18/5M) na vsebnost holesterola v jajcih. Ugotovili so, da dodajanje probiotikov (50 mg/kg in 100 mg/kg) v krmno mešanico za kokoši za več kot 10 % zmanjša vsebnost holesterola v jajcih v primerjavi s kontrolno skupino brez dodanih probiotikov. Vsebnost holesterola v rumenjakih se je za 13 % zmanjšala tudi ob dodajanju 4 % prehranskega dopolnila *Rhodobacter captulatus* v krmni obrok za kokoši (Salma in sod, 2007).

Grashorn (1994) je proučeval vpliv maščobe različnega izvora (sojino, kokosovo olje, goveji loj, maščobe morskih živali) v krmni mešanici za kokoši na vsebnost holesterola v jajcih. V vsebnosti holesterola v jajcih kokoši krmljenih s krmo z različnimi maščobami ni bilo značilnih razlik. Z naraščajočo starostjo kokoši se je vsebnost holesterola v jajcih zmanjševala. Največje zmanjšanje je bilo opaženo v jajcih kokoši, ki so bile krmljene z dodanim sojinim oljem.

2.3.2.3 Starost

Da je vsebnost holesterola v rumenjaku (% holesterola v rumenjaku) odvisna od starosti kokoši, je bilo ugotovljeno že v starejših raziskavah (Gissel in sod, 1976b). Primerjava vsebnosti holesterola v rumenjakih mlajših in starejših kokoši, rejenih v enakih pogojih, je pokazala značilno večjo vsebnost holesterola v jajcih mlajših kokoši.

Damme in Schuster (1992) sta proučevala vpliv starosti kokoši, med 25. in 30. tednom ter med 45. in 50. tednom, na vsebnost holesterola. Ugotovila sta, da se je s starostjo kokoši za 5 % značilno zmanjšala vsebnost holesterola v rumenjaku (mg/100 g rumenjaka). Vsebnost mg holesterola na 100 g jajca se je v dvajsetih tednih povečala za 11 %, kar je bilo pogojeno s povečanjem deleža rumenjaka.

Tudi Anderson (2011) je ugotovil, da starost kokoši vpliva na vsebnost holesterola v jajcu. Jajca so bila zbrana 50., 62., 74. teden starosti kokoši. Ugotovil je, da je bila vsebnost holesterola značilno večja v 62. tednu starosti.

2.4 MAŠČOBNE KISLINE

Maščobne kisline so molekule, ki vsebujejo polarno karboksilno skupino, vezano na alifatsko verigo sestavljeno iz 2 do 36 ogljikovih atomov. V hrani in krmi najdemo predvsem maščobne kisline z 12 do 24 ogljikovih atomov, najpogostejše so s 16 in 18 ogljikovimi atomi, skoraj vse vsebujejo sodo število ogljikovih atomov. V celicah redko najdemo proste maščobne kisline, večinoma so vezane na glicerol. Ogljikovodikova veriga je skoraj vedno nerazvejana in ima enojne vezi (nasičene maščobne kisline) ali eno ali več dvojnih vezi (enkrat- ali večkratnenasičene maščobne kisline). Zaradi velike raznolikosti se uporablja posebni sistem okrajšav, ki označuje število ogljikovih atomov, število dvojnih vezi med ogljikovimi atomi in položaj posamezne dvojne vezi glede na karboksilno skupino (Boyer, 2005). Tako označujemo tudi položaj substituiranih skupin, optično aktivnost (L, D) in geometrijsko konfiguracijo ob dvojnih vezeh (cis, trans). V prehrani, medicini in biologiji pogosto uporabljamo sistem ω in n. S črko ω in n označujemo položaj dvojne vezi glede na metilni ogljikov atom. Uporabljamo tudi tradicionalna oz. trivialna imena (Koman Rajšp in Stibilj, 1998). Pregled pomembnejših maščobnih kislin je podan v preglednici 4.

Esencialni maščobni kislini pri perutnini sta linolna (18:2 n-6) in α -linolenska kislina (18:3 n-3). S podaljšanjem verige in z nastajanjem dvojnih vezi nastane iz linolne kisline arahidonska kislina, iz α -linolenske kisline eikozapentaenojska in dokozaheksaenojska kislina. Simptomi pomanjkanja esencialnih maščobnih kislin pri piščancih so zakasnjena rast, povečana količina popite vode, zmanjšana odpornost, povečana jetra s povečano vsebnostjo lipidov, manjša moda in zastoj razvoja sekundarnih spolnih znakov pri petelinih. Pri nesnicah pomanjkanje esencialnih maščobnih kislin povzroči zmanjšanje mase jajc, spremeni se maščobnokislinska sestava rumenjaka (Watkins, 1991).

Preglednica 4: Okrajšana imena po ω oz. n sistemu, kemijska in trivialna imena (Koman Rajšp in Stibilj,1998:249)

Okrajšava	Kemijsko ime	Trivialno ime
12:0	dodekanojska kislina	lavrinska kislina
13:0	tridekanojska kislina	
14:0	tetradekanojska kislina	miristinska kislina
14:1, n-5	cis-9-tereadecenojska kislina	miristooleinska kislina
15:0	pentadekanojska kislina	
15:1, n-5	cis-10-pentadecenojska kislina	
16:0	heksadekanojska kislina	palmitinska kislina
16:1, n-7	cis-9-heksadecenojska kislina	palmitooleinska kislina
17:0	heptadekanojska kislina	margarinska kislina
17:1, n-7	cis-10-heptadecenojska kislina	
18:0	oktadekanojska kislina	stearinska kislina
18:1, n-9	cis-9-oktadecenojska kislina	oleinska kislina
18:2, n-6	cis-9,12-oktadekadienojska kislina	linolna kislina
18:3, n-6	cis-6,9,12-oktadekatrienojska kislina	
19:0	nonadekanojska kislina	
18:3, n-3	cis-9,12,15-oktadekatrienojska kislina	linolenska kislina
18:4, n-3	cis-6,9,12,15-oktadekatetraenojska kislina	stearidonska kislina
20:0	eikozanojska kislina	arahidinska kislina
20:1, n-9	cis-11-eikozaenojska kislina	gadoleinska kislina
20:2, n-6	cis-11,14-eikozadienojska kislina	
20:3, n-9	cis-5,8,11-eikozatrienojska kislina	
20:3, n-6	cis-8,11,14-eikozatrienojska kislina	
20:4, n-6	cis-5,8,11,14-eikozatetraenojska kislina	arahidonska kislina
20:3, n-3	cis-11,14,17-eikozatrienojska kislina	
20:5, n-3	cis-5,8,11,14,17-eikozapentaenojska kislina	EPK
22:0	dokozanojska kislina	behenska kislina
22:1, n-9	cis-13-dokozaenojska kislina	eruka kislina
22:2, n-6	cis-13,16-dokozadienojska kislina	
22:6, n-3	cis-4,7,10,13,16,19-dokozaheksaenojska kislina	DHK
24:1, n-9	cis-15-tetrakozenojska kislina	nervonska kislina

2.4.1 Maščobnokislinska sestava jajc

Masa rumenjaka povprečno velikega jajca (60 g) je približno 17 g, v njem je približno 6 g maščobe, od tega 2,1 g nasičenih, 2,7 g enkrat nenasičenih in 2,1 g večkrat nenasičenih maščobnih kislin. Razmerje med nasičenimi in nenasičenimi maščobnimi kislinami v rumenjaku je približno 1:1,8. Za človeka so nujno potrebne dolgoveržne nenasičene maščobne kisline in zaradi tega so najpomembnejša sestavina za vrednotenje različnih maščob. Pomembno je ohranjanje razmerja med n-6 in n-3 maščobnimi kislinami, priporočeno razmerje je 5:1, vendar je to razmerje v prehrani Evropejcev precej širše, tudi do 25:1 (Holcman in sod., 2004). Vsebnost nasičenih, enkrat nenasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin v jajčni vsebini in v rumenjaku je podana v preglednici 5.

Preglednica 5: Vsebnost nasičenih, enkrat nenasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin v jajcu, izraženo v g maščobne kisline/100 g jajčne vsebine in g maščobne kisline/100 g rumenjaka (USDA, 2016)

Maščobna kislina	g maščobne kisline/100 g jajčne vsebine	g maščobne kisline/100 g rumenjaka
Nasičene maščobne kisline (NMK)	3,13	9,55
Enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK)	3,66	11,74
Večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK)	1,91	4,20

2.4.2 Dejavniki, ki vplivajo na maščobnokislinsko sestavo jajca

Na maščobnokislinsko sestavo jajc vpliva genotip (Millet in sod., 2006; García - López in sod. 2007), lahko pa vplivamo tudi s spreminjanjem krmnih obrokov za kokoši. Na primer z dodajanjem lanenega semena, ekstraktov morskih rib, morskih alg obogatimo jajca z večkrat nenasičenimi n-3 maščobnimi kislinami (EPK in DHK). Delež n-3 maščobnih kislin se v jajcu poveča, če so kokoši v pašni reji (Holcman in sod., 2004).

2.4.2.1 Genotip

Millet in sod. (2006) so primerjali araukana kokoši z isabrown in lohmann leghorn kokošmi. Kokoši so bile nameščene v individualne kletke, razdeljene so bile v dve skupini z različnima režimoma krmljenja, s kontrolno krmo in krmo obogateno z dolgoveržnimi

n-3 večkrat nenasičenimi kislinami (EPK in DPK). Prišli so do sklepa, da pasma vpliva na vsebnost posameznih maščobnih kislin v jajcu. Jajca araukana kokoši so vsebovala več skupnih maščobnih kislin (mg maščobnih kislin/g rumenjaka) kot lohmann leghorn kokoši in več nasičenih maščobnih kislin kot isabrown kokoši. Araukana in isabrown kokoši so imele v primerjavi z lohmann leghorn kokošmi večjo vsebnost skupnih nenasičenih maščobnih kislin in enkrat nenasičenih maščobnih kislin in ožje n-6:n-3 razmerje.

Drugačne rezultate so dobili García - López in sod. (2007). Določili so maščobnokislinsko sestavo jajc creole kokoši in križanke plimutka x rodajland, krmljenje s tremi vrstami krme in ugotovili, da med genotipoma ni razlik v maščobnokislinski sestavi jajc.

Rizzi in Chericato (2010) sta proučevala maščobnokislinsko sestavo jajc dveh italijanskih pasem kokoši (ermellinata di rovigio in robusta maculata) in dveh križank (hyline brown in hyline white) v ekološki reji. Ugotovila sta, da je genotip značilno vplival na maščobnokislinsko sestavo rumenjaka. V jajcih kokoši hyline white in robusta maculata je bil višji nivo nasičenih maščobnih kislin in nižji nivo enkrat nenasičenih maščobnih kislin kot v jajcih kokoši hyline brown in ermellinata di rovigio. Večkrat nenasičenih maščobnih kislin, n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bilo več v jajcih robusta maculata kot v jajcih drugih genotipov. Razmerje n-6:n-3 je bilo ožje pri kokoših robusta maculata kot pri ostalih genotipih.

Do podobnih rezultatov, z manjšimi odstopanji, sta prišla Rizzi in Marangon (2012) nekaj let pozneje. V poskus sta vključila iste pasme kokoši (ermellinata di rovigio in robusta maculata) in križanke (hyline brown in hyline white), rejene v ekološki reji kot Rizzi in Chericato (2010). V rumenjakih hyline white je bilo prisotnih najmanj nasičenih maščobnih kislin (38,80 %). Enkrat nenasičenih maščobnih kislin je bilo več v jajcih hyline brown (38,60 %) kot v jajcih hyline white (37,30 %), najmanjša vrednost je bila v jajcih robusta maculata (36,30 %). V jajcih ermellinata di rovigio (27,2 %) in robusta maculata (28,7 %) je bila določena značilno različna vrednost večkrat nenasičenih maščobnih kislin, medtem ko so bile vrednosti v jajcih hibridov podobne (27,5 %). Vsebnost n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bila večja v jajcih robusta maculata, Vrednost razmerja n-6:n-3 je bila večja v jajcih hyline white (13,6), v primerjavi z ostalimi genotipi (12,7).

2.4.2.2 Način reje in prehrane

Vpliv pašne in baterijske reje na maščobnokislinsko sestavo jajc slovenske avtohtone štajerske kokoši so proučevali Simčič in sod. (2011). Jajca iz pašne reje so vsebovala značilno več skupnih n-3 maščobnih kislin kot tudi značilno več posameznih n-3 maščobnih kislin (α -linolenske kisline, EPK, DPK in DHK) v primerjavi z jajci iz baterijske reje. Jajca iz baterijske reje so vsebovala značilno več linolne, arahidonske, skupnih večkrat nenasičenih in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin. Razmerje n-6:n-3 je bilo pri jajcih iz pašne reje prehransko ugodnejše kot pri jajcih iz baterijske reje (preglednica 6).

Preglednica 6: Maščobnokislinska sestava rumenjaka štajerske kokoši dveh načinov reje (Simčič in sod., 2011: 875-876)

Maščobna kislina	ut % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin			mg maščobnih kislin/100 g jajca	
	Baterijska reja	Pašna reja	p- vrednost	Baterijska reja	Pašna reja
16:0	23,24 ± 0,31	23,06 ± 0,16	0,6211	1834,40	1837,42
18:0	8,57 ± 0,14	9,20 ± 0,07	0,0003	676,46	733,06
16:1, n-7	3,30 ± 0,17	3,47 ± 0,09	0,3916	260,48	276,49
18-1, n-9	43,54 ± 0,73	44,29 ± 0,38	0,3698	3436,74	3529,03
18:2, n-6	15,07 ± 0,96	12,65 ± 0,50	0,0316	1189,52	1007,95
18:3,n-3	0,42 ± 0,04	0,65 ± 0,02	<0,0001	33,15	51,79
20:4, n-6	2,62 ± 0,10	2,28 ± 0,05	0,0032	206,80	181,67
20:5, n-3 (EPK)	0,01 ± 0,01	0,05 ± 0,01	<0,0001	0,79	3,98
22:5, n-3 (DPK)	0,17 ± 0,03	0,34 ± 0,02	<0,0001	13,42	27,09
22:6, n-3 (DHK)	1,11 ± 0,09	1,47 ± 0,04	0,0006	87,62	117,13
NMK	31,81 ± 0,31	32,26 ± 0,16	0,2018	2510,86	2570,48
ENMK	46,84 ± 0,86	47,76 ± 0,44	0,3509	3697,22	3805,52
VNMK	19,40 ± 0,99	17,43 ± 0,51	0,0847	1531,30	1388,82
n-3 VNMK	1,71 ± 0,14	2,50 ± 0,07	<0,0001	134,98	199,20
n-6 VNMK	17,69 ± 1,03	14,93 ± 0,53	0,0228	1396,32	1189,62
EPK + DHK	1,11 ± 0,09	1,51 ± 0,05	0,0003	87,62	120,32
n-6/n-3	10,37 ± 0,75	6,27 ± 0,39	<0,0001		

Krawczyk in sod. (2011) so določili maščobne kisline v jajcih dveh poljskih pasem kokoši (greenleg partridge (Z11) in yellowleg partridge (Z33)) v talni in pašni reji. Jajca kokoši greenleg partridge iz pašne reje so imela večjo vsebnost oleinske kisline in DHK ter manjšo vsebnost linolne kisline v primerjavi z jajci iste pasme iz talne reje. Jajca kokoši yellowleg partridge iz pašne reje so vsebovala več linolenske kisline kot jajca iz talne reje. V vsebnosti miristinske, palmitinske in stearinske maščobne kisline v rumenjaku obeh pasem ni bilo razlik med rejama. Jajca kokoši greenleg partridge imajo značilno nižjo koncentracijo nasičenih maščobnih kislin, večkrat nenasičenih maščobnih kislin in višjo koncentracijo enkrat nenasičenih maščobnih kislin v pašni reji v primerjavi s talno rejo. Pri obeh pasmah je bila v pašni reji značilno večja vsebnost n-3 maščobnih kislin. Razmerje med n-6:n-3 je bilo pri obeh pasmah ožje pri pašni kot pri talni reji.

Anderson (2011) je določil maščobnokislinsko sestavo v jajcih nesnic rjavi hyline v baterijski in pašni reji. Nesnice so imele enake pogoje reje, z izjemo izpusta pri pašni reji. Jajca iz pašne reje so imela več skupnih maščob ($p < 0,05$), enkrat nenasičenih ($p < 0,05$) in večkrat nenasičenih maščobnih kislin ($p < 0,001$) kot jajca iz baterijske reje, kar razlaga z zaužito krmo, ki si jo lahko kokoši poiščejo na paši (semena rastlin, žuželke,...). Tudi vsebnost n-3 maščobnih kislin je bila v jajcih iz pašne reje večja (84,50 g/50 g jajca) kot v jajcih iz baterijske reje (70,50 g/50 g jajca).

Vsebnost maščobnih kislin v jajcih obogatenih z n-3 maščobnimi kislinami treh različnih proizvajalcev so preučevali Stibilj in sod. (1999). Primerjali so z n-3 maščobnimi kislinami obogatena jajca slovenskega (Jata Reja d.d.), nemškega (Fisher - Weppler) in italijanskega (Maia) proizvajalca in običajna jajca (Jata Reja d.d.). Jajca nemškega proizvajalca so vsebovala največ α -linolenske kisline (11,28 ut %) in n-3 maščobne kisline (14,34 ut %), kar je deset krat več kot v običajnih jajcih. Skoraj enako vsebnost α -linolenske kisline so imela obogatena jajca slovenskega (1,29 ut %) in italijanskega (1,25 ut %) proizvajalca. Vsebnost EPK + DHK je bila največja v obogatenih jajcih slovenskega proizvajalca (4,42 ut % oz. 407,2 mg/100 g jajca), sledila so jajca italijanskega proizvajalca (3,59 ut % oz. 283,1 mg/100 g jajca) in nemškega proizvajalca (2,35 ut % oz. 185,3 mg/100 g jajca). Vsebnost EPK je bila v vseh obogatenih jajcih deset krat večja kot v običajnih jajcih. Ugotovili so, da imajo vsa z n-3 maščobnimi kislinami obogatena jajca ugodnejšo maščobnokislinsko sestavo kot običajna jajca. Vrednost razmerja n-6:n-3 je bila pri vseh obogatenih jajcih manjša kot 5, v običajnih jajcih 9,68.

Primerjavo maščobnokislinske sestave jajc na tržišču sta izvedla tudi Scharf in Elmadfa (1998). Primerjala sta jajca kokoši iz pašne reje, znesena poleti in pozimi, jajca kokoši iz talne reje, krmljene z običajno krmo in krmljene z dodatkom štirih vrst žit, jajca iz baterijske reje, omega-3 jajca in jajca dveh skupin kokoši, ki so bile krmljene z ribjim in lanenim oljem. Rezultati poskusa kažejo, da ima večji vpliv na maščobnokislinsko sestavo jajca prehrana kokoši kot način reje. Največ nasičenih maščobnih kislin so vsebovala jajca obeh skupin kokoši iz talne reje (približno 35 %), najmanj omega-3 jajca (28,6 %). Jajca kokoši krmljenih z dodanimi žiti, dodanim ribjim oljem in omega-3 jajca so vsebovala nekoliko večji delež, zimska in letna jajca iz pašne reje ter jajca kokoši krmljenih z lanenim oljem pa manjši delež enkrat nenasičenih maščobnih kislin. Največji delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bil določen v jajcih iz pašne reje, najmanjši v omega-3 jajcih. Tudi v jajcih obogatenih z ribjim in lanenim oljem je bil opažen manjši delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin. V jajcih kokoši krmljenih z dodanim ribjim in lanenim oljem je bilo značilno več α -linolenske kisline (0,36 % in 0,46 %) v primerjavi z ostalimi vrstami jajc (0,8 % – 0,16 %) in značilno manj EPK (0,60 % in 0,20 %) v primerjavi z ostalimi vrstami jajc, razen v jajcih kokoši krmljenih z ribjim oljem v primerjavi z omega-3 jajci, kjer je bilo neznačilno manj EPK.

Delež DPK je bil značilno večji v jajcih kokoši krmljenih z ribjim oljem v primerjavi z jajci iz talne, pašne in baterijske reje ter omega-3 jajci. V omega-3 jajcih in jajcih kokoši krmljenih z ribjim oljem so določili značilno večjo vsebnost DHK (3,05 % in 2,14 %) v primerjavi z ostalimi vrstami jajc (0,69 % - 1,15 %). Najvišjo koncentracijo linolne kisline so imela jajca iz pašne reje ($p < 0,001$). Arahidonske kisline je bilo največ v jajcih kokoši krmljenih z ribjim in lanenim oljem.

Hammershøj (1995) je preučevala vpliv ribjega olja v krmi za kokoši na maščobnokislinsko sestavo jajc. Krmljenje kokoši s krmo bogato z ribjim oljem vpliva na n-3 maščobne kisline v rumenjaku predvsem na EPK. Delež n-3 večkrat nenasičenih, večkrat nenasičenih in nasičenih maščobnih kislin v rumenjaku narašča, delež enkrat nenasičenih maščobnih kislin pa upada z naraščajočim deležem ribjega olja v krmi.

Halle (2000) je dokazala, da na maščobnokislinsko sestavo fosfolipidov in trigliceridov rumenjaka vpliva maščobnokislinska sestava krme in starost kokoši. Postopno dodajanje ribjega, lanenega olja in kombinacije obeh olj v krmno mešanico za kokoši je še posebej spremenilo delež n-3 maščobnih kislin v rumenjaku. V 29. tednu starosti kokoši so največje vrednosti n-3 maščobnih kislin (α -linolenske kisline in DHK), 165 mg/jajce,

določili v jajcih kokoši krmljenih z dodatkom kombinacije 7 % ribjega olja in 1,4 % lanenega olja, v 70. tednu starosti kokoši je bila največja vrednost (132 mg/jajce) dosežena z dodatkom 2,1 % lanenega olja v krmno mešanico za kokoši.

Carrillo – Dominguez in sod. (2005) so prišli do sklepa, da se s postopnim dodajanjem (0 %, 3 %, 6 %) moke rdeče rakovice v krmno mešanico za kokoši poveča vsebnost n-3 in n-6 maščobnih kislin v jajcih. Pri dodanih 3 % in 6 % moke rdeče rakovice se je povečala vsebnost α -linolenske (16,4 mg/100 g in 15,4 mg/100 g jajca), linolne (1211mg/100 g in 1151 mg/100 g jajca) in arahidonske kisline (228 mg/100 g in 200 mg/100 g jajca). Najmanj EPK je bilo v jajcih kokoši krmljenih brez dodane moke rdeče rakovice (6 mg/100 g jajca), v primerjavi z dodanimi 3 % (13 mg/100 g jajca) in 6 % (17mg/100 g jajca) moke rdeče rakovice. Podobno povečanje so ugotovili pri DHK (56 mg/100 g, 133 mg/100 g in 246 mg/100 g jajca). Vrednost razmerja n-6:n-3 je bila pri dodanih 6 % moke rdeče rakovice v krmo kokoši tri krat manjša kot pri kontrolni skupini.

Vpliv različnih rastlinskih maščob, vključenih v krmo kokoši (palmovo maslo z veliko vsebnostjo nasičenih in nenasičenih maščobnih kislin, olje iz grozdnih pešk bogato z linolno kislino, laneno olje bogato z α -linolensko kislino in morske alge z veliko vsebnostjo DHK), na maščobnokislinsko sestavo rumenjaka so proučevali Meluzzi in sod. (2001). Različne krmne mešanice niso vplivale na vsebnost nasičenih maščobnih kislin v rumenjaku. Kljub veliki vsebnosti palmitinske kisline v krmi z dodanim palmovim maslom, vsebnost palmitinske kisline v rumenjaku ni bila večja kot v jajcih ostalih skupin. Dodatek lanenega olja in morskih alg v krmo je povzročil večje nalaganje α -linolenske kisline in DHK v rumenjaku in zmanjšal vsebnost arahidonske kisline v rumenjaku. Čeprav je krma z dodanimi algami bogata z DPK n-6, se je majhen delež te kisline naložil v rumenjaku. Večji kot je bil delež linolne kisline v krmi, večji je bil delež DPK n-6 v rumenjaku. Ti podatki kažejo, da se DPK n-6 sintetizira iz linolne kisline, in da je ob prisotnosti n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin sinteza DPK n-6 in arahidonske kisline preprečena.

Grashorn (1994) je proučeval vpliv dodajanja različnih maščob (sojino, kokosovo olje, maščoba morskih živali, goveji loj) v krmo za kokoši na maščobnokislinsko sestavo jajc. Uporaba kokosovega olja, maščobe morskih živali in govejega loja v krmnem obroku kokoši je povečala vsebnost oleinske maščobne kisline. V jajcih kokoši krmljenih s krmnim obrokom, ki je temeljil na sojinem olju, je bila večja vsebnost linolne, linolenske

in dokozaheksaenojske kisline, več je bilo večkrat nenasičenih in manj skupnih nenasičenih in enkrat nenasičenih maščobnih kislin.

Vpliv dodanega bučnega olja, olja trske in vitamina E v krmno mešanico za kokoši na maščobnokislinsko sestavo jajc so proučevali Pál in sod. (2002). V jajcih kokoši krmljenih s krmno mešanico z dodanim oljem trske so opazili značilno večjo vsebnost enkrat nenasičenih maščobnih kislin in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin (linolenske kisline, EPK, DPK, DHK). Nasprotno je bila vrednost večkrat nenasičenih maščobnih kislin in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin (linolne in arahidonske kisline) večja v jajcih kokoši krmljenih s krmo z dodatkom bučnega olja. Vpliv vrste maščobe v krmi na nasičene maščobne kisline v jajcu ni bil dokazan. Razmerje n-6:n-3 je bilo značilno ožje v jajcih kokoši krmljenih z dodatkom olja trske. Različna vsebnost (0 mg/kg, 30 mg/kg, 60 mg/kg) vitamina E v krmni mešanici ni vplivala na vsebnost nasičenih, večkrat nenasičenih, n-3 in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin, je pa vplivala na vsebnost enkrat nenasičenih maščobnih kislin.

Gebert in sod. (1998) so ugotavljali vpliv olja žafranke, govejega loja in vitamina E na maščobnokislinsko sestavo jajc. Z dodajanjem olja žafranke v krmo za kokoši nesnice se je povečala vsebnost večkrat nenasičenih (linolne in arahidonske kisline) in zmanjšala vsebnost enkrat nenasičenih maščobnih kislin (palmitooleinske in oleinske kisline). Z dodatkom govejega loja v krmo se je povečal delež stearidonske kisline in DHK v rumenjaku v primerjavi z rumenjacom kokoši krmljenih z dodatkom olja žafranke. Z naraščajočim dodajanjem vitamina E se je zmanjšala vsebnost nasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin.

Sari in sod. (2001) so ugotovili, da se s povečevanjem deleža lanenega semena v krmni mešanici za kokoši zmanjšuje nivo nasičenih in enkrat nenasičenih maščobnih kislin in povečuje nivo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v rumenjaku. Dodajanje lanenega semena v krmo za kokoši ni vplivalo na nivo linolne kisline in skupnih n-6 maščobnih kislin v rumenjaku, zmanjšala se je vsebnost arahidonske kisline in linearno povečala vsebnost n-3 maščobnih kislin.

Mikulski in sod. (2012) so ugotovili, da dodajanje probiotikov (*pedicoccus acidilactici* MA18/5M) v krmno mešanico za kokoši spremeni maščobnokislinsko sestavo jajc. Z dodajanjem probiotikov v krmo se je povečala vsebnost večkrat nenasičenih (linolne in

linolenske kisline) in večkrat nenasičenih n-6 maščobnih kislin. Razmerje n-6:n-3 se z dodajanjem probiotikov v krmo ni spremenilo.

Kirubakaran in sod. (2011) so krmili kokoši s kašo iz lanenega semena, sardin, bisernega prosa z dodatki moke svete bazilike (1g/kg in 2g/kg). Ugotovili so, da se je povečala vsebnost n-3 maščobnih kislin v jajcih, posebno α -linolenske kisline in sorazmerno zmanjšala vsebnost nasičenih maščobnih kislin in oleinske kisline, v primerjavi z jajci kokoši iz kontrolne skupine.

2.4.2.3 Starost

Halle (1999) ugotavlja, da poleg prehrane na vsebnost maščobnih kislin v trigliceridih in fosfolipidih rumenjaka vpliva tudi starost kokoši. Maščobnokislinsko sestavo jajc so določili v rumenjakih 30, 39, 49, in 58 tednov starih kokoših. Na začetku (30. teden starosti) in na koncu nesnosti (58. teden starosti) so bile vsebnosti linolne in oleinske kisline večje kot v vmesnem obdobju. Nasprotno je bilo arahidonske in dokozaheksaenojske kisline več v 39. in 49. tednu starosti kot na začetku in na koncu nesnosti. Halle (1999) pojasnjuje razlike s tem, da na začetku nesnosti jetra kokoši še niso dosegla popolne zmogljivosti sinteze maščobnih kislin, ki na koncu nesnosti spet pade in zaradi tega se v rumenjaku skladišči več linolne in manj arahidonske kot tudi dokozaheksaenojske kisline.

Tudi Anderson (2011) je ugotavljal vpliv starosti kokoši hyline na maščobnokislinsko sestavo jajc. Jajca so bila zbrana v 50., 62., 74. tednu starosti kokoši. Ugotovil je, da starost kokoši ne vpliva na nivo skupnih maščob v jajcu, niti na maščobnokislinsko sestavo jajca.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc smo določali v jajcih kokoši prelux-G. Iz jate osemnajsttedenskih jarkic prelux-G sta bili oblikovani dve skupini naključno izbranih jarkic. Ena skupina je bila vseljena v individualne kletke baterijske reje na Pedagoško raziskovalnem centru za perutninarstvo BF, na obratu Krumperk, in druga v ekološko rejo na ekološki kmetiji. Kokoši v baterijski reji so bile krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Krmni obrok za kokoši v ekološki reji je bil sestavljen iz kupljene biokrme za kokoši nesnice, Biokraft Lege (tretjina obroka) in iz krmil pridelanih na ekološki kmetiji (dve tretjini obroka). Iz obeh rej smo vzeli vzorce jajc v različnih letnih časih (november, januar, marec, junij), v vsakem letnem času po en vzorec desetih jajc iz posameznega načina reje (vzorčenje 1). Ob prvem vzorčenju, meseca novembra, so bile kokoši stare 32 tednov. Starost kokoši na koncu zadnjega vzorčenja je bila 63 tednov. V mesecu juniju smo v posameznem načinu reje dodatno vzeli sto jajc, in sicer deset jajc po kokoši in teh deset jajc oziroma deset rumenjakov po kokoši združili v en vzorec (vzorčenje 2). Shematsko je sistem vzorčenj prikazan v preglednici 7. V baterijski reji so bile kokoši v individualnih kletkah, kokoši v ekološki reji so imele nožne obročke in so nesle jajca v zaklopna gnezda.

Preglednica 7: Tabela prikaz načina vzorčenja jajc iz dveh načinov reje za potrebe kemijskih analiz

Vzorčenje	Čas vzorčenja	Baterijska reja			Ekološka reja		
		Število vzorčenih jajc	Število združenih vzorcev za kemijske analize	Skupaj analiziranih vzorcev ¹	Število vzorčenih jajc	Število združenih vzorcev za kemijske analize	Skupaj analiziranih vzorcev ¹
1	November	10	1	2	10	1	2
	Januar	10	1	2	10	1	2
	Marec	10	1	2	10	1	2
	Junij	10	1	2	10	1	2
2	Junij	10 kokoši x 10 jajc/kokoš združenih v en vzorec	10	20	10 kokoši x 10 jajc/kokoš združenih v en vzorec	10	20

¹Na vsakem od združenih vzorcev smo opravili analize v dveh ponovitvah.

3.2 METODE DELA

Del laboratorijskega dela, pripravo rumenjakov na liofilizacijo, smo izvedli na Odseku za znanosti o okolju Inštituta Jožef Stefan, ostali del laboratorijskega dela pa v laboratoriju Katedre za prehrano, kjer smo določili vsebnost suhe snovi s sušenjem (Official methods of analysis, 1990), vsebnost holesterola v rumenjakih z encimsko - spektrofotometrično metodo (Boehringer-Mannheim, 1987), maščobnokislinsko sestavo rumenjaka z metodo in situ transesterifikacije (ISTE) modificirano po Parku in Goinsu (1994).

3.2.1 Priprava vzorcev

Posamezno jajce smo obrisali s papirnato brisačo in stehali, nato smo jajce razbili, ločili rumenjaki in beljaki in vsakega posebej stehali. Beljaki in lupino smo zavrgli. Deset rumenjakov ene jate kokoši oz. posamezne kokoši smo združili v skupni vzorec in ga zamrznili. Zamrznjene vzorce smo liofilizirali (posušili pri znižani temperaturi in znižanem tlaku). Liofilizirane vzorce smo stehali in jih vakuumsko zapakirali v plastične vrečke ter shranili v zamrzovalno skrinjo pri temperaturi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do analize.

3.2.2 Določitev sušine v vzorcu

V liofiliziranih vzorcih smo določili vsebnost suhe snovi s sušenjem (AOAC, 1990).

V označene tehtiče smo dali kvarčni pesek, stekleno palčko in na pol pokrili s pokrovčkom ter jih eno uro sušili na $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. V ohlajen in stehlan tehtič smo zatehtali 3 – 5 g liofiliziranih rumenjakov in nato vzorec sušili v sušilniku pri temperaturi $103\text{ – }105\text{ }^{\circ}\text{C}$ do konstantne mase. Po končanem sušenju smo vzorce ohladili v eksikatorju in jih ponovno stehali.

3.2.3 Določitev vsebnosti holesterola v rumenjaku

Vsebnost holesterola v rumenjakih smo določili z encimsko – spektrofotometrično metodo (Boehringer-Mannheim, 1987).

Princip

Holesterol z encimom holesterol oksidaza oksidiramo v holestenon. Nastane vodikov peroksid. Vodikov peroksid v prisotnosti katalaze oksidira metanol v formaldehid. Formaldehid v prisotnosti amonijevih ionov reagira z acetilacetonom in tvori rumeno lutidinsko barvilo.

Koncentracija lutidinskega barvila (3,5-diacetil-1,4-dihidrolutidin) je sorazmerna količini holesterola in jo merimo kot absorbanco pri valovni dolžini 405 nm.

3.2.3.1 Priprava vzorca za določitev vsebnosti holesterola

V 50 ml merilno bučko smo zatehtali približno 0,25 g liofiliziranega rumenjaka in dodali 1 g kvarčnega peska, 20 ml sveže pripravljene raztopine kalijevega hidroksida v metanolu (1,0 mol/l) in 10 ml izopropanola. Na bučke smo namestili Liebigov hladilnik in segrevali 30 minut pri 67 °C. Vsebinsko bučke smo mešali z magnetnim mešalom. Motno raztopino smo pustili ohladiti na sobni temperaturi. Magnetno mešalo smo odstranili in ga z izopropanolom oprali v bučko. Izopropanol smo dodali do oznake, dobro premešali in filtrirali skozi zguban filter papir. Bister filtrat smo uporabili za določitev vsebnosti holesterola v rumenjaku.

3.2.3.2 Določitev vsebnosti holesterola

Za določanje holesterola smo uporabili reagenčni komplet proizvajalca:

- reagent 1

95 ml raztopine, sestavljene iz amonijevega fosfatnega pufra (pH 7), metanola (2,6 mol/l), katalaze (22000 U) in stabilizatorjev.

- reagent 2

60 ml raztopine, sestavljene iz acetilacetona (0,05 mol/l), metanola (0,3 mol/l) in stabilizatorjev.

- reagent 3

0,8 ml suspenzije, ki vsebuje holesterol oksidazo in jo v analiznem postopku uporabimo nerazredčeno.

Delovna raztopina je bila sestavljena iz treh delov reagenta 1 in dveh delov reagenta 2. Raztopino smo pripravili v temni steklenici in z reagenti ogretim na sobno temperaturo (20 - 25°C). Raztopino smo pustili stati pri sobni temperaturi eno uro.

Analizni postopek

V testno epruveto smo odpipetirali 5 ml delovne raztopine in 0,40 ml vzorca. Vsebino epruvete smo zmešali. Iz testne epruvete smo v drugo testno epruveto odpipetirali 2,5 ml in dodali 0,02 ml reagenta 3. Vsebina prve epruvete je predstavljala slepi vzorec, vsebina druge epruvete pa vzorec. Testne epruvete smo dobro premešali, pokrili s parafilmom in inkubirali v vodni kopeli pri temperaturi 37 do 40 °C 60 minut. Nato smo jih ohladili na sobno temperaturo (20 do 25 °C) in pri tej temperaturi izmerili absorbanco vzorca ter slepega vzorca enega za drugim v stekleni kiveti s spektrofotometrom pri valovni dolžini 405 nm. Spektrofotometer je bil umerjen na zrak. Absorbanco slepega vzorca smo odšteli od absorbance vzorca. Po literaturi (Boehringer-Mannheim, 1987) mora biti za doseženo zadovoljivo pravilnost izmerjena razlika v absorbanci vsaj 0,100 absorbančnih enot.

Izračun

$$c = \frac{V \cdot MW}{\varepsilon \cdot d \cdot v \cdot 1000} \cdot \Delta A \text{ (g/l)} \quad \dots (1)$$

c	- koncentracija (g holesterola/l filtrata)	ε	- absorpcijski molarni koeficient lutidinskega barvila pri 405 nm (7,4 l·mmol ⁻¹ ·cm ⁻¹)
V	- končni volumen raztopine (ml)		
v	- volumen filtrata (ml)		
MW	- molska masa holesterola (g/mol)	ΔA	- razlika absorbance vzorca in slepega vzorca
d	- dolžina poti svetlobe (cm)		

VSEBNOST HOLESTEROLA V RUMENJAKU

$$\text{mg holesterola / g rumenjaka} = \frac{\text{vsebnost sterolov v raztopini vzorca (g/l)} \cdot 49,6}{\text{masa vzorca (g)}} \quad \dots (2)$$

Vzorci smo analizirali v dveh ponovitvah. Vzorce, pri katerih je bila relativna napaka analize večja od 5 %, smo določitev ponovili.

3.2.3.3 Preverjanje pravilnosti metode določanja vsebnosti holesterola

Pravilnost in natančnost spektrofotometrične metode smo preverili s standardnim referenčnim materialom (SRM) 1845, ki se med drugim uporablja tudi za določanje holesterola v jajčni vsebini. V standardnem referenčnem materialu je certificirana vrednost holesterola $19,0 \pm 0,2$ mg/g. Minimalna zatehta, ki še zagotavlja homogenost, je 60 mg. Pri naši analizi smo zatehtali 0,25 g SRM v štirih ponovitvah.

3.2.4 Določitev vsebnosti maščobnih kislin v rumenjaku

Maščobnokislinsko sestavo vzorcev smo določili s plinsko kromatografijo. Za določitev maščobnih kislin smo izbrali metodo in situ transesterifikacije (ISTE) modificirano po Parku in Goinsu (1994), kjer ni potrebna predhodna ekstrakcija maščob iz vzorca. Metoda je relativno hitra, izognemo se morebitnim izgubam metilnih estrov maščobnih kislin (MEMK), saj poteče ekstrakcija in transesterifikacija v isti epruveti.

3.2.4.1 Določitev deleža posameznih maščobnih kislin

Priprava metilnih estrov maščobnih kislin za ločitev s plinsko kromatografijo

V epruveto z zamaškom z navojem smo zatehtali približno 0,2 g liofiliziranega jajčnega rumenjaka, ki smo ga predhodno homogenizirali v laboratorijskem mlinčku. Nato smo dodali 300 μ l metilenklorida in 3 ml sveže pripravljene 0,5 M natrijevega hidroksida v metanolu. Epruvete smo prepihali z dušikom, jih tesno zaprli s teflonskim zamaškom, dobro premešali in segrevali v termičnem bloku 10 minut pri 90 °C. Nato smo epruvete hitro ohladili v ledeni vodi (pri 0 °C), dodali 3 ml 14% BF₃ v metanolu, prepihali z dušikom, pomešali ter ponovno segrevali v termičnem bloku 10 minut pri 90 °C. Po segrevanju smo epruvete ohladili na sobno temperaturo, dodali 3 ml destilirane vode in 1,5 ml heksana. Nato smo epruvete eno minuto močno stresali, da je prišlo do čim boljše ekstrakcije MEMK iz vodne faze v nepolarno heksansko fazo in centrifugirali (2000 min⁻¹, 10 minut). Po centrifugiranju smo odpipetirali heksansko fazo v temne steklene posodice z navojem in pokrovčkom. Vsak vzorec smo analizirali v dveh ponovitvah.

Delež metilnih estrov maščobnih kislin smo določili s pomočjo plinske kromatografije in sicer z uporabo plinskega kromatografa Agilent 6890, serije GC, opremljenega z avtomatskim injektorjem (serije 7683), podajalnikom vzorcev (model 7683), plamensko ionizacijskim detektorjem (FID) in kapilarno kolono OmegawaxTM 320 (30 m x 0,32 mm x 0,3 µm).

Za ločitev maščobnih kislin smo uporabili naslednje kromatografske pogoje:

Temperaturni program:

Začetna temperatura:	170 °C
Začetni zadrževalni čas:	0 min
Hitrost dviganja temperature:	1 °C/min
Končna temperatura:	215 °C
Končni zadrževalni čas:	9 min
Temperatura injektorja:	250 °C
Temperatura detektorja:	290 °C

Pretoki plinov:

Argon (nosilni plin):	1,5 ml/min
Dušik (make-up plin):	30 ml/min
Vodik (gorilni plin):	30 ml/min
Sintetični zrak:	400 ml/min

Čas analize:	54 minut
Volumen injiciranja vzorca:	1 µl
Način injiciranja:	split
Split razmerje:	30:1

MEMK smo identificirali na osnovi primerjave retencijskih časov v vzorcu z retencijskimi časi kromatografskih vrhov v raztopinah posameznih metilnih estrov. Pri enakih kromatografskih pogojih se pri določenem retencijskem času iz kromatografske kolone izločijo identični estri.

Določitev faktorja odzivnosti FID (Rf)

Ker za enake koncentracije kislin v topilu ne dobimo vedno enakih površin, moramo predhodno določiti faktorje odzivnosti detektorja (Rf) za posamezne metilne estre maščobnih kislin. Rf smo določili s pomočjo kromatograma in standardne mešanice (NuCheck 85 Prep. Inc.).

Rf za posamezne MEMK smo izračunali z enačbo:

$$Rf = \frac{3,03(\text{oz. } 6,06) \text{ ut\%}}{RP \text{ MEMK}(\text{ut\%})} \quad \dots (3)$$

RP MEMK – relativna površina posameznega MEMK

Utežni delež posameznega MEMK v NuCheck-u je bil za vse maščobne kisline 3,03 razen za palmitinsko (16:0) in oleinsko (18:1) kislino, kjer je znašal 6,06.

Izračun utežnih deležev maščobnih kislin

Utežne deleže maščobne kisline v vzorcu smo izračunali s pomočjo faktorja odzivnosti in faktorja pretvorbe MEMK v maščobne kisline (F_i) povzet po AOAC (1998).

Enačba za izračun utežnega deleža maščobnih kislin (ut\%MK_i):

$$\text{ut\%MK}_i = \frac{A_i \cdot Rf_i \cdot f_i}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot Rf_i \cdot f_i)} \quad \dots (4)$$

f_i – faktor za preračunavanje MEMK v maščobne kisline (razmerje molskih mas za maščobne kisline in metilne estre maščobnih kislin)

Rf_i – faktor odzivnosti za določen MEMK

A_i – površina določenega MEMK v kromatogramu posamezne raztopine

3.2.4.2 Določitev vsebnosti posameznih MK s pomočjo internega standarda

Priprava internega standarda

V bučko (10 ml) smo zatehtali 200 mg kromatografsko čiste (99,8%) nonadekanojske kisline (Sigma, C19:0). Kislino smo raztopili v mešanici metanol:heksan = 1:1 (w:w).

PRIPRAVA VZORCA Z INTERNIM STANDARDOM ZA PLINSKO – TEKOČINSKO KROMATOGRAFIJO

Približno 100 mg internega standarda smo zatehtali v čisto, suho epruveto z zamaškom z navojem na 0,1 mg natančno in prepihali z dušikom, da smo odparili topilo. V epruveto s pripravljenim internim standardom smo zatehtali približno 0,2 g liofiliziranega jajčnega rumenjaka in nadaljevali postopek kot pri določitvi deleža maščobnih kislin brez internega standarda.

Izračun vsebnosti maščobnih kislin s pomočjo internega standarda

Pri tem izračunu smo uporabili interni standard (19:0) za izračun vsebnosti posamezne maščobne kisline v 100 g vzorca. Vsebnost posamezne maščobne kisline (mg MK/100 g vzorca) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$MK (mg MK / 100 g vzorca) = \frac{A_i Rf_i f_i m_{19:0} 100}{A_{19:0} Rf_{19:0} f_{19:0} m_z} \dots (5)$$

3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Dobljene podatke, za posamezni vzorec dve ponovitvi, smo uredili s programom Excel v okolju Windows in pripravili preglednico za statistično obdelavo. Podatke smo obdelali s statističnim paketom SAS Inst. Inc. (2012). Statistično značilnost razlik med načinoma reje za vsebnost holesterola v jajcih smo testirali s t-testom s proceduro TTEST. Za pojasnitev maščobnokislinske sestave jajca smo uporabili Wilcoxonov test vsote rangov s proceduro NPAR1WAY. V statistično obdelavo smo zajeli vse maščobne kisline z deležem večjim od 0,1 % od skupnih maščobnih kislin. Dodatno smo zaradi pomembnosti vključili še eikozapentaenojsko kislino, čeprav je njen delež znašal manj kot 0,1 % od skupnih maščobnih kislin. Statistično značilnost razlik v vsebnosti holesterola v jajcih in v maščobnokislinski sestavi jajc med različnimi letnimi časi nismo izvedli zaradi premajhnega števila vzorcev.

4 REZULTATI Z RAZPRAVO

Vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc smo določali v jajcih kokoši prelux-G, ki so bile vseljene v baterijsko in ekološko rejo. Kokoši v baterijski reji so bile krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Krmni obrok za kokoši v ekološki reji je bil sestavljen iz ene tretjine kupljene biokrme za kokoši nesnice in iz dveh tretjin krmil pridelanih na ekološki kmetiji. V nalogi smo proučili vpliv načina reje (baterijska, ekološka) na vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc, vpliv letnega časa na spreminjanje vsebnosti holesterola in maščobnih kislin v rumenjakih jajc ter vpliv načina vzorčenja na rezultate. Vpliv prehrane kokoši na proučevane lastnosti je vključen v vpliv načina reje.

4.1 MASA JAJCA IN POSAMEZNIH SESTAVNIH DELOV JAJCA

V preglednici 8 je podana masa jajc, rumenjaka, beljaka, jajčne vsebine in lupine prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje vzorčenih v mesecu juniju (vzorčenje 2). Zbrali smo sto jajc in sicer deset zaporedno znesenih jajc desetih kokoši. Jajca kokoši iz baterijske reje so bila težja (64,49 g) v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje (63,72 g). Standardni odklon mase jajca je bil večji pri jajcih iz ekološke reje, razpon med najlažjim in najtežjim jajcem je bil 27,8 g. Jajca kokoši iz baterijske reje so imela lažji rumenjaki in težji beljak v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje. Drev (2004) je prav tako primerjala jajca prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje in ugotovila podobno, da so jajca kokoši iz baterijske reje težja kot jajca kokoši iz ekološke reje. Simčič (2003) je primerjala maso jajc štajerske in isabrown kokoši vseljene v baterijsko rejo in v kurnice z izpusti. Ugotovila je, da so bila jajca štajerske kokoši iz kurnic z izpusti težja od jajc štajerskih kokoši iz baterijske reje. Obratno je bilo pri isabrown kokoših, jajca kokoši iz baterijske reje so bila težja kot jajca iz kurnic z izpusti.

Preglednica 8: Osnovni statistični parametri za maso jajca in posamezne sestavne dele jajca pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)

Masa (g)	Način reje	Število jajc	Srednja vrednost	Najmanjša vrednost	Največja vrednost	Standardni odklon
Jajce	Baterijska reja	98	64,49	55,90	74,60	3,35
Rumenjak		98	18,59	14,20	22,00	1,65
Beljak		98	38,05	31,90	45,40	2,44
Jajčna vsebina		98	56,64	47,00	66,20	3,15
Lupina		98	7,85	6,90	11,20	0,92
Jajce	Ekološka reja	96	63,72	48,60	76,40	5,40
Rumenjak		96	19,17	16,40	22,50	1,23
Beljak		96	37,02	26,50	48,20	5,02
Jajčna vsebina		96	56,19	42,90	68,60	5,23
Lupina		96	7,53	5,50	10,70	0,88

Povprečni delež rumenjaka je bil v jajcu in prav tako v jajčni vsebini (preglednica 9) večji v jajcih kokoši iz ekološke reje ($30,24 \pm 2,65$ %, $34,34 \pm 3,30$ %) kot v jajcih kokoši iz baterijske reje ($28,83 \pm 2,08$ %, $32,82 \pm 2,22$ %). Delež beljaka v jajcu je bil večji v jajcih kokoši iz baterijske reje. Jajca prelux-G kokoši iz talne reje, ki jih je v poskus vključila Hodžar (2015) so bila težja (70,5 g) in imela manjši delež rumenjaka v jajcu in jajčni vsebini v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske in ekološke reje iz našega poskusa. Večji delež rumenjaka v jajcu je odvisen od manjše mase jajc. Z večjim deležem rumenjaka se povečuje prehransko vrednost jajca (Holcman, 1998).

Preglednica 9: Povprečni deleži posameznih sestavnih delov jajca (%) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)

Delež (%)	Način reje	
	Baterijska reja (*n=98)	Ekološka reja (*n=96)
rumenjaka v jajcu	$28,83 \pm 2,08$	$30,24 \pm 2,65$
beljaka v jajcu	$58,99 \pm 1,98$	$57,89 \pm 3,53$
jajčne vsebine v jajcu	$87,82 \pm 1,36$	$88,13 \pm 1,47$
lupine v jajcu	$12,18 \pm 1,36$	$11,87 \pm 1,47$
rumenjaka v jajčni vsebini	$32,82 \pm 2,22$	$34,34 \pm 3,30$

* – število jajc v posameznem načinu reje

V preglednici 10 so podane povprečne mase jajc in posameznih sestavnih delov jajca ter v preglednici 11 povprečni deleži sestavnih delov jajca prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje, vzorčenih v različnih letnih časih (vzorčenje 1). V jeseni, spomladi in poleti

je bila masa jajc večja pri kokoših iz baterijske reje, pozimi pa pri kokoših iz ekološke reje. Masa jajc kokoši iz baterijske reje se je povečevala od jeseni ($60,33 \pm 3,30$ g) do poletja, ko je dosegla največjo maso ($65,70 \pm 4,60$ g). Masa jajc kokoši iz ekološke reje je bila najmanjša v jeseni ($57,84 \pm 2,87$ g) in največja pozimi ($62,94 \pm 3,71$ g). Delež rumenjaka v jajcih iz baterijske reje je bil v primerjavi z deležem rumenjaka v jajcih iz ekološke reje večji v jeseni in pozimi ter manjši spomladi in poleti. Delež rumenjaka v jajcih iz baterijske in ekološke reje je bil največji poleti in najmanjši v jeseni. Največji delež rumenjaka je bil določen v jajcih kokoši znesenih poleti iz ekološke reje (preglednica 10). Trend povečevanja mase jajc od jeseni do pomladi je pri štajerskih kokoših opazila tudi Simčič (2003), poleti se je masa nekoliko zmanjšala.

Preglednica 10: Povprečna masa jajca in posameznih sestavnih delov jajca pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n=10)

Masa (g)	Način reje	Jesen	Zima	Pomlad	Poletje
Jajce	BR	$60,33 \pm 3,30$	$60,59 \pm 2,35$	$63,66 \pm 4,62$	$65,70 \pm 4,60$
	ER	$57,84 \pm 2,87$	$62,94 \pm 3,71$	$61,18 \pm 2,87$	$61,83 \pm 3,56$
Rumenjak	BR	$16,82 \pm 1,33$	$17,86 \pm 1,38$	$18,11 \pm 0,91$	$19,48 \pm 1,73$
	ER	$15,12 \pm 1,08$	$18,26 \pm 1,11$	$18,23 \pm 0,63$	$18,85 \pm 1,08$
Beljak	BR	$35,84 \pm 2,35$	$35,16 \pm 2,57$	$38,03 \pm 3,66$	$38,59 \pm 3,24$
	ER	$35,26 \pm 1,87$	$37,10 \pm 3,38$	$35,82 \pm 2,46$	$36,07 \pm 3,21$
Jajčna vsebina	BR	$52,66 \pm 2,92$	$53,01 \pm 2,42$	$56,14 \pm 4,36$	$58,07 \pm 4,07$
	ER	$50,38 \pm 2,67$	$55,36 \pm 3,54$	$54,05 \pm 2,57$	$54,92 \pm 3,16$
Lupina	BR	$7,67 \pm 0,56$	$7,58 \pm 0,92$	$7,52 \pm 0,64$	$7,63 \pm 0,85$
	ER	$7,46 \pm 0,46$	$7,58 \pm 0,74$	$7,13 \pm 0,53$	$6,91 \pm 0,52$

BR – baterijska reja; ER – ekološka reja; * – število jajc v posameznem načinu reje

Preglednica 11: Povprečni deleži posameznih sestavnih delov jajca (%) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n=10)

Delež (%)	Način reje	Jesen	Zima	Pomlad	Poletje
rumenjaka v jajcu	BR	27,88 ± 1,69	29,50 ± 2,44	28,51 ± 1,31	29,68 ± 2,06
	ER	26,13 ± 1,18	29,09 ± 2,24	29,85 ± 1,54	30,56 ± 2,24
beljaka v jajcu	BR	59,40 ± 2,02	57,98 ± 2,73	59,65 ± 1,63	58,72 ± 2,22
	ER	60,96 ± 0,95	58,86 ± 2,27	58,50 ± 1,62	58,26 ± 2,32
jajčne vsebine v jajcu	BR	87,29 ± 0,65	87,48 ± 1,52	88,16 ± 0,93	88,39 ± 0,89
	ER	87,09 ± 0,74	87,94 ± 1,15	88,35 ± 0,65	88,83 ± 0,51
lupine v jajcu	BR	12,71 ± 0,65	12,52 ± 1,52	11,84 ± 0,93	11,61 ± 0,89
	ER	12,91 ± 0,74	12,06 ± 1,15	11,65 ± 0,65	11,17 ± 0,51
rumenjaka v jajčni vsebini	BR	31,95 ± 2,03	33,73 ± 2,78	32,34 ± 1,54	33,57 ± 2,35
	ER	30,00 ± 1,23	33,07 ± 2,49	33,78 ± 1,74	34,41 ± 2,53

BR – baterijska reja; ER – ekološka reja; * – število jajc v posameznem načinu reje

4.2 VSEBNOSTI SUHE SNOVI

Vsebnost suhe snovi v svežem rumenjaku smo izračunali iz vsebnosti suhe snovi liofiliziranih vzorcev rumenjakov.

Vsebnosti suhe snovi v rumenjaku in osnovni statistični parametri za jajca prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje vzorčenih v mesecu juniju, ko smo zbrali deset vzorcev desetih zaporedno znesenih jajc posamezne kokoši (vzorčenje 2), so podani v preglednici 12. Srednja vrednost vsebnosti suhe snovi v rumenjaku je večja v baterijski reji (500,83 g SS/kg rumenjaka) v primerjavi z ekološko rejo (492,59 g SS/kg rumenjaka). Standardni odklon je v baterijski reji 6,25 g SS/kg rumenjaka, v ekološki reji je 14,51 g SS/kg rumenjaka. Jajce z največ suhe snovi je iz baterijske reje (512,45 g SS/kg rumenjaka), jajce z najmanj suhe snovi pa iz ekološke reje (455,06 g SS/kg rumenjaka). Podobne vsebnosti kot smo jih določili v rumenjakih kokoši iz baterijske reje (500,83 ± 6,25 g SS/kg rumenjaka) je v diplomskem delu določila Hodžar (2015) v rumenjakih prelux-G kokoši iz talne reje (502,03 ± 14,17 g SS/kg rumenjaka).

Preglednica 12: Osnovni statistični parametri za vsebnost suhe snovi v rumenjaku (g SS/kg svežega rumenjaka) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)

Številka vzorca*	Način reje	
	Baterijska reja	Ekološka reja
1	500,93	492,18
2	501,20	500,38
3	501,60	495,91
4	499,91	510,12
5	508,44	496,37
6	512,45	455,06
7	502,04	495,42
8	494,06	490,81
9	491,43	488,81
10	496,24	500,84
Srednja vrednost	500,83	492,59
Najmanjša vrednost	491,43	455,06
Največja vrednost	512,45	510,12
Standardni odklon	6,25	14,51

* - posamezni vzorec predstavlja deset jajc

4.3 VSEBNOST HOLESTEROLA

V liofiliziranih vzorcih rumenjaka smo določili vsebnost holesterola. Vsebnost holesterola v jajcih smo preračunali na mg holesterola/g SS rumenjaka. V preglednici 13 je podana vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje vzorčenih v mesecu juniju, ko smo zbrali deset vzorcev desetih zaporedno znesenih jajc posamezne kokoši (vzorčenje 2), izražena kot mg holesterola/g SS rumenjaka, mg holesterola/g rumenjaka, mg holesterola/rumenjak, mg holesterola/g jajčne vsebine, mg holesterola/g jajca. Vsebnost holesterola za posamezno meritev prikazuje priloga A.

Preglednica 13: Vsebnost holesterola v rumenjaku pri kokoših prelux-G iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2), izražena na različne načine (*n=20)

Vsebnost holesterola	Način reje	
	Baterijska reja	Ekološka reja
mg/rumenjak	240,73 ± 28,84	253,49 ± 10,96
mg/g rumenjaka	12,92 ± 0,74	13,23 ± 0,41
mg/g SS rumenjaka	25,80 ± 1,35	26,88 ± 1,14
mg/g jajčne vsebine	4,27 ± 0,43	4,54 ± 0,37
mg/g jajca	3,73 ± 0,42	4,00 ± 0,29

* - število meritev v posameznem načinu reje

4.3.1 Vsebnost holesterola v jajcih iz različnih načinov reje kokoši

V mesecu juniju smo v posameznem načinu reje dodatno vzeli deset vzorcev in sicer smo v en vzorec zbrali deset zaporedno znesenih jajc po posamezni kokoši (vzorčenje 2). Vsebnost holesterola smo v posameznem vzorcu določili v dveh ponovitvah. V preglednici 14 so podani osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola v rumenjaku pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju.

Vsebnost holesterola v rumenjaku je manjša v jajcih kokoši iz baterijske reje (25,80 ± 1,35 mg/g SS rumenjaka oz. 12,92 ± 0,74 mg/g rumenjaka) v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje (26,88 ± 1,14 mg/g SS rumenjaka oz. 13,23 ± 0,41 mg/g rumenjaka). Večjo vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz baterijske reje (14,67 mg/g rumenjaka) je v primerjavi z našimi rezultati določila Arh (1995). Hodžar (2015) je ugotovila, da je v jajcih kokoši prelux-G iz talne reje 22,25 mg/g SS rumenjaka oz. 11,17 mg/g rumenjaka, kar je precej manj kot smo določili v našem poskusu v baterijski in ekološki reji. V našem poskusu je jajce z najmanjšo vsebnostjo holesterola izraženo v mg/g SS rumenjaka in mg/g rumenjaka iz baterijske reje (23,74 mg/g SS rumenjaka oz. 11,87 mg/g rumenjaka). Jajce z največjo vsebnostjo holesterola izraženo v mg/g SS rumenjaka je iz ekološke reje (29,51 mg/g SS rumenjaka), medtem ko jajce z največjo vsebnostjo holesterola izraženo v mg/g rumenjaka prihaja iz baterijske reje (13,93 mg/g rumenjaka).

Preglednica 14: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola v rumenjaku pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)

Osnovni statistični parametri	Način reje			
	Baterijska reja		Ekološka reja	
	mg/g SS rumenjaka	mg/g rumenjaka	mg/g SS rumenjaka	mg/g rumenjaka
Število meritev	20	20	20	20
Srednja vrednost	25,80	12,92	26,88	13,23
Najmanjša vrednost	23,74	11,87	25,40	12,55
Največja vrednost	27,80	13,93	29,51	13,88
Standardni odklon	1,35	0,74	1,14	0,41

Simčič (2003) je v jajcih štajerske kokoši in isabrown kokoši iz baterijske reje določila nekoliko manjšo vsebnost holesterola (12,37 mg/g rumenjaka) v primerjavi z jajci kokoši rejenih v kurnicah z izpusti na travnate površine (12,95 mg/g rumenjaka), vendar razlika ni bila statistično značilna. Trziszka in sod. (2004), Senčič in sod. (2006) in Anderson (2011) niso ugotovili statistično značilnih razlik v vsebnosti holesterola v jajcih kokoši iz baterijske in pašne reje.

Minelli in sod. (2007) so v raziskavi dokazali značilno večjo vsebnost holesterola v rumenjaku nesnic rjavi hyline iz pašne reje (1,26 %) kot iz baterijske reje (1,21 %). Do podobnih ugotovitev so prišli Zemková in sod. (2007). Najnižja koncentracija holesterola je bila v rumenjaku kokoši rejenih v obogatenih kletkah (12,5 mg/g rumenjaka), v rumenjaku kokoši iz neobogatenih kletk je bila le nekoliko nižja (13,3 mg/g rumenjaka) kot v rumenjaku kokoši iz pašne reje (13,4 mg/g rumenjaka).

4.3.2 Vsebnost holesterola v jajcih v različnih letnih časih

Jajca smo vzorčili v različnih letnih časih (november, januar, marec, junij). V vsakem letnem času po en vzorec desetih jajc iz posameznega načina reje. Vsebnost holesterola v rumenjaku smo za posamezni vzorec določili v dveh ponovitvah (priloga B).

V preglednici 15 so podane srednje vrednosti vsebnosti holesterola v jajcih kokoši iz baterijske in ekološke reje. Srednja vrednost vsebnosti holesterola v jajcih kokoši iz baterijske reje je bila v primerjavi z jajci iz ekološke reje manjša v jeseni, pozimi in poleti. Le spomladi je bila manjša vsebnost holesterola v jajcih iz ekološke reje. Največja

vsebnost je bila v jajcih, ki smo jih vzorčili v jeseni, tako v baterijski ($26,2 \pm 0,33$ mg/g SS rumenjaka) kot ekološki reji ($29,35 \pm 0,17$ mg/g SS rumenjaka). Vsebnost holesterola se je v jajcih iz baterijske reje zmanjševala od jeseni do poletja, kjer je dosegla najmanjšo vrednost ($24,53 \pm 0,22$ mg/g SS rumenjaka). V ekološki reji je prav tako opazen trend zmanjševanja vsebnosti holesterola od jeseni do pomladi, ko je bila določena najmanjša vsebnost ($21,58 \pm 0,02$ mg/g SS rumenjaka) in večja vsebnost spet poleti ($26,40 \pm 0,46$ mg/g SS rumenjaka).

Preglednica 15: Vsebnost holesterola v rumenjaku (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1)

Letni čas	Način reje	
	Baterijska reja (*n=2)	Ekološka reja (*n=2)
Jesen	$26,20 \pm 0,33$	$29,35 \pm 0,17$
Zima	$26,02 \pm 0,25$	$26,95 \pm 0,22$
Pomlad	$25,72 \pm 0,51$	$21,58 \pm 0,02$
Poletje	$24,53 \pm 0,22$	$26,40 \pm 0,46$

* - število meritev v posameznem načinu reje;

Vsebnost holesterola je podana kot srednja vrednost s standardnim odklonom.

Nasprotno je Simčič (2003) v jajcih štajerske kokoši in isabrown kokoši rejenih v baterijski reji in v kurnicah z izpusti določila največjo vrednost spomladi, nato se je zmanjševala od poletja do zime z doseženo najmanjšo vrednostjo.

4.3.3 Primerjava vsebnosti holesterola v jajcih iz dveh različnih vzorčenj

V mesecu juniju smo izvedli dva različna načina vzorčenja. Pri prvem vzorčenju (vzorčenje 1) smo dobili en vzorec desetih jajc, v katerega smo združili deset jajc od različnih kokoših. Pri drugem vzorčenju (vzorčenje 2) smo dobili deset vzorcev desetih jajc, v en vzorec jajc smo združili deset zaporedno znesenih jajc posamezne kokoši.

Vsebnost holesterola (preglednica 16) je bila pri obeh vzorčenjih večja v ekološki reji kot v baterijski reji. Pri vzorčenju 1, kjer smo imeli le en vzorec, sestavljen iz desetih jajc naključno izbranih v jati, je bila vsebnost holesterola manjša, tako v baterijski reji ($24,53 \pm 0,22$ mg/g SS rumenjaka) kot v ekološki reji ($26,40 \pm 0,46$ mg/g SS rumenjaka) v primerjavi z vzorčenjem 2, kjer smo imeli deset vzorcev sestavljenih iz desetih jajc po

kokoši. Razlika med vzorčenjem 1 in vzorčenjem 2 je bila v baterijski reji večja (1,27 mg/g SS rumenjaka) kot v ekološki reji (0,48 mg/g SS rumenjaka).

Preglednica 16: Vsebnost holesterola v rumenjaku (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju

Način vzorčenja	Število meritev znotraj posameznega načina reje	Način reje	
		Baterijska reja	Ekološka reja
Vzorčenje 1	2	24,53 ± 0,22	26,40 ± 0,46
Vzorčenje 2	20	25,80 ± 1,35	26,88 ± 1,14

Vsebnost holesterola je podana kot srednja vrednost s standardnim odklonom.

4.3.4 Viri variabilnosti v vsebnosti holesterola

Preučevali smo vpliv načina reje na vsebnost holesterola v jajcih (preglednica 17). Ocenjena srednja vrednost za vsebnost holesterola je bila večja v ekološki reji (26,88 ± 0,25 mg/g SS rumenjaka) v primerjavi z baterijsko rejo (25,80 ± 0,30 mg/g SS rumenjaka). Vpliv načina reje na vsebnost holesterola v jajcih je bil statistično značilen ($p < 0,05$).

Preglednica 17: Ocene srednjih vrednosti in statistična značilnost razlik med načinoma reje v vsebnosti holesterola v jajcu (mg holesterola/g SS rumenjaka) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) (*n = 20)

Način reje	Vsebnost holesterola (mg holesterola/g SS rumenjaka) LSM ± SEE	p – vrednost
Baterijska reja	25,80 ± 0,30	p = 0,0097
Ekološka reja	26,88 ± 0,25	

LSM – ocena srednjih vrednosti; SEE – standardna napaka ocene;

* - število meritev v posameznem načinu reje

4.4 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJCA

Maščobnokislinsko sestavo rumenjaka smo določili v liofiliziranih vzorcih rumenjaka. Vsebnost maščobnih kislin v rumenjaku smo podali kot utežni delež od skupnih maščobnih kislin, v prilogah C, D, E in F je vsebnost maščobnih kislin preračunana na mg maščobnih

kislin/100 g SS rumenjaka. V naslednjih preglednicah smo predstavili vse maščobne kisline z deležem večjim od 0,1 % od skupnih maščobnih kislin in eikozapentaenojsko kislino, zaradi njene pomembnosti za zdravje, čeprav je njen delež znašal manj kot 0,1 % od skupnih maščobnih kislin. Predstavljene so prav tako skupne nasičene, enkrat nenasičene, večkrat nenasičene, n-3 večkrat nenasičene, n-6 večkrat nenasičene maščobne kisline in n-6:n-3 razmerje maščobnih kislin. Pri seštevku navedenih skupin maščobnih kislin smo zajeli vse v poskusu določene maščobne kisline, tudi tiste z deležem manjšim od 0,1 % od skupnih maščobnih kislin.

4.4.1 Maščobnokislinska sestava jajc iz različnih načinov reje

V preglednici 18 so podani osnovni statistični parametri za maščobnokislinsko sestavo rumenjakov jajc prelux-G kokoši iz baterijske in ekološke reje v mesecu juniju.

V jajcih kokoši iz baterijske in prav tako iz ekološke reje prevladujejo med nasičenimi maščobnimi kislinami palmitinska ($26,31 \pm 0,95$ ut. % in $25,26 \pm 0,95$ ut. %), med enkrat nenasičenim maščobnimi kislinami oleinska ($42,49 \pm 1,86$ ut. % in $39,99 \pm 1,91$ ut. %) in med večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami linolna kislina ($13,47 \pm 1,19$ ut. % in $15,90 \pm 1,35$ ut. %). V jajcih kokoši iz baterijske reje je več nasičenih, enkrat nenasičenih in manj večkrat nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje. N-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je v jajcih iz ekološke reje ($2,85 \pm 0,40$ ut. %) v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje ($1,42 \pm 0,12$ ut. %) enkrat več, največ je dokozaheksaenojske kisline, sledijo α - linolenska, dokoza-pentaenojska in eikozapentaenojska kislina. Eikozapentaenojska kislina je v zelo majhni količini prisotna samo v jajcih kokoši iz ekološke reje, v jajcih kokoši iz baterijske reje je pod mejo detekcije. Prav tako je v jajcih kokoši iz ekološke reje več n-6 maščobnih kislin. Med posameznimi n-6 maščobnimi kislinami je v jajcih kokoši iz ekološke reje več linolne in manj arahidonske kisline v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. Razmerje n-6:n-3 je v jajcih kokoši iz ekološke reje za zdravje ugodnejše (6,58) v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje (11,54). Podobne rezultate so dobili Simčič in sod. (2011) v jajcih štajerske kokoši in sicer je bilo to razmerje v jajcih kokoši iz ekološke reje 6,27, v jajcih kokoši iz baterijske reje 10,37.

Slokan (2003) je ugotovila, da je v jajcih prelux- G kokoši iz reje v kurnici z izpustom več skupnih n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin, med posameznimi n-3 večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami približno trikrat več α - linolenske in več

dokozapentaenojske kisline in ugodnejše n-6:n-3 razmerje (5,93) v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bilo več linolne kisline.

Volčanšek (2004) je v poskusu primerjala maščobnokislinsko sestavo rumenjakov štajerske kokoši in isabrown kokoši iz baterijske reje in reje v kurnicah z izpustom. Tudi Volčanšek (2004) ugotavlja, da je v jajcih kokoši iz kurnic z izpustom, ne glede na genotip, več n-3 maščobnih kislin, več je α – linolenske kisline, dokozapentaenojske in dokozaheksaenojske kisline. Vsebnost α – linolenske kisline je v jajcih prelux-G kokoši iz ekološke reje iz našega poskusa (0,98 ut %) za 51 % večja v primerjavi z jajci štajerske kokoši (0,65 ut %) in 127 % večja v primerjavi z jajci isabrown kokoši (43 ut %) iz reje v kurnici z izpustom. Vsebnost dokozaheksaenojske kisline v jajcih štajerske kokoši rejene v kurnici z izpustom (1,51 ut %) je podobna kot v našem poskusu v jajcih kokoši iz ekološke reje (1,59 ut %), v jajcih isabrown kokoši iz reje v kurnici z izpustom je vsebnost dokozaheksaenojske kisline precej manjša (0,86 ut %).

Prav tako so Simčič in sod. (2011) določili v jajcih kokoši iz pašne reje v primerjavi z baterijsko rejo več skupnih n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin. Med posameznimi n-3 maščobnimi kislinami je več α -linolenske kisline, eikozapentaenojske, dokozapentaenojske in dokozaheksaenojske kisline. V nasprotju z našimi rezultati pa so določili v jajcih kokoši iz pašne reje manj večkrat nenasičenih, n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin, med posameznimi n-6 maščobnimi kislinami manj linolne kisline.

Naši rezultati so podobni rezultatom, ki jih navaja Anderson (2011) , da je v jajcih kokoši iz pašne reje v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje več večkrat nenasičenih maščobnih kislin in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin. Razlika je le v tem, da je določil v jajcih iz pašne reje tudi več enkrat nenasičenih maščobnih kislin.

Preglednica 18: Osnovni statistični parametri za maščobnokislinsko sestavo jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)(*n = 20)

Maščobna kislina	Način reje							
	Baterijska reja				Ekološka reja			
	POV	SO	MIN	MAX	POV	SO	MIN	MAX
14:0	0,41	0,02	0,36	0,44	0,38	0,02	0,34	0,42
14:1, n-5	0,10	0,01	0,08	0,12	0,09	0,02	0,06	0,12
16:0	26,31	0,95	24,60	27,77	25,26	0,95	23,54	26,90
16:1, n-7	4,34	0,34	3,84	4,97	3,93	0,38	3,52	4,59
17:0	0,15	0,01	0,13	0,16	0,21	0,03	0,16	0,25
17:1, n-7	0,14	0,01	0,12	0,17	0,19	0,02	0,17	0,24
18:0	7,83	0,38	7,23	8,25	7,96	0,46	7,32	8,79
18:1, n-9c ¹	42,49	1,86	38,60	45,24	39,99	1,91	37,06	43,95
18:2, n-6c	13,47	1,19	10,80	15,54	15,90	1,35	13,42	18,10
18:3, n-6	0,11	0,02	0,08	0,16	0,09	0,02	0,06	0,14
18:3, n-3	0,36	0,05	0,27	0,43	0,98	0,22	0,78	1,55
20:1, n15 ²	0,24	0,03	0,21	0,30	0,26	0,03	0,20	0,31
20:2, n-6	0,18	0,02	0,14	0,21	0,21	0,03	0,18	0,27
20:3, n-6	0,15	0,02	0,11	0,18	0,16	0,03	0,13	0,26
20:4, n-6	2,18	0,12	2,00	2,38	1,93	0,07	1,81	2,06
20:5, n-3	**	**	**	**	0,03	0,01	0,02	0,04
22:4, n6	0,22	0,04	0,15	0,31	0,20	0,02	0,16	0,22
22:5, n-3	0,12	0,03	0,08	0,19	0,22	0,06	0,15	0,33
22:6, n-3	0,94	0,09	0,83	1,19	1,59	0,17	1,28	1,85
NMK	34,84	1,04	32,72	36,61	34,11	1,12	32,05	36,51
ENMK	47,34	1,81	43,31	50,03	44,48	1,76	41,91	48,29
VNMK	17,81	1,24	15,11	20,10	21,41	1,60	18,46	24,44
n-3	1,42	0,12	1,21	1,66	2,85	0,40	2,30	3,71
n-6	16,30	1,23	13,68	18,55	18,49	1,34	15,87	20,62
n-6:n-3	11,54	1,25	9,34	13,26	6,58	0,74	5,55	7,99

18:1, n-9c ¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15 ² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline; POV – srednja vrednost; SO – standardni odklon; MIN – najmanjša vrednost; MAX – največja vrednost

4.4.2 Maščobnokislinska sestava jajc v različnih letnih časih

V jajcih, ki smo jih vzorčili v različnih letnih časih (november, januar, marec, junij), v vsakem letnem času po en vzorec desetih jajc iz posameznega načina reje, smo določili

maščobnokislinsko sestavo rumenjaka v dveh ponovitvah. V preglednici 19 je predstavljena maščobnokislinska sestava jajc iz baterijske in ekološke reje v različnih letnih časih. Rezultati so podani v srednjih vrednostih (s standardnim odklonom) utežnih deležev maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin.

Vsebnost nasičenih maščobnih kislin je bila v jajcih kokoši iz obeh načinov reje največja v jeseni, sicer pa so bile razlike med letnimi časi majhne. Več nasičenih maščobnih kislin je bilo v jajcih kokoši iz baterijske reje pozimi, spomladi in poleti, le v jeseni je bilo nekoliko več nasičenih maščobnih kislin v jajcih kokoši iz ekološke reje. Prav tako je bilo v jajcih kokoši iz baterijske reje v vseh letnih časih več enkrat nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje. Največ enkrat nenasičenih maščobnih kislin je bilo v jajcih kokoši iz baterijske reje poleti, najmanj v jajcih kokoši iz ekološke reje v jeseni. Rezultati so pokazali, da je bilo v vseh letnih časih več večkrat nenasičenih in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin v jajcih kokoši iz ekološke reje v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. Razlika med načinoma reje je bila za obe skupini maščobnih kislin največja poleti. Vsebnost n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bila v jajcih kokoši iz ekološke reje večja spomladi, poleti in jeseni, le pozimi je bila večja v jajcih kokoši iz baterijske reje. V jajcih kokoši iz ekološke reje je bila najmanjša vsebnost večkrat nenasičenih in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin spomladi, potem se je povečevala preko poletja, jeseni do zime, ko je dosegla največjo vrednost. Nasprotno je bila največja vsebnost n-3 maščobnih kislin spomladi, potem se je vrednost zmanjševala do zime z doseženo najmanjšo vrednostjo. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bila najmanjša vsebnost večkrat nenasičenih, n-6 in n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin poleti in se je povečevala do zime z doseženo najvišjo vrednostjo, spomladi se je vsebnost spet zmanjšala. Vrednost razmerja n-6:n-3 je bila manjša v jajcih kokoši iz ekološke reje, razen pozimi, ko je bilo to razmerje ugodnejše v jajcih kokoši iz baterijske reje. Najmanjša vrednost razmerja n-6:n-3 je bila v jajcih kokoši iz ekološke reje spomladi (6,52), potem se je povečevalo preko poletja (7,25) in jeseni (7,60) do zime, z doseženo največjo vrednostjo (10,59). To smo tudi pričakovali, glede na to, da pozimi paša ni možna. V jajcih iz baterijske reje je bilo največje n-6:n-3 razmerje poleti (10,96) in najmanjše pozimi (8,88). α – linolenske in dokozaheksaenojske kisline je bilo več v jajcih kokoši iz ekološke reje spomladi, poleti in jeseni, razen pozimi, ko je bilo navedenih kislin več v jajcih kokoši iz baterijske reje. Dokozapentaenojske kisline je bilo v vseh letnih časih več v jajcih kokoši iz ekološke reje. Največja razlika v vsebnosti posamezne n-3 večkrat nenasičene maščobne kisline v jajcih kokoši iz baterijske in ekološke reje je bila poleti. V jajcih kokoši iz ekološke reje je bila najmanjša vsebnost α – linolenske, dokozaheksaenojske in

dokozapentaenojske kisline pozimi, največja vsebnost α – linolenske, dokozaheksaenojske kisline je bila spomladi, medtem ko je bilo največ dokozapentaenojske kisline v jeseni. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bila vsebnost α – linolenske, dokozaheksaenojske kisline največja pozimi in najmanjša poleti. Vsebnost dokozapentaenojske kisline je bila največja spomladi, vsebnost se je med letnimi časi le malo razlikovala. Vsebnost linolne kisline je bila večja v vseh letnih časih v jajcih kokoši iz ekološke reje. Arahidonske kisline je bilo več v jajcih kokoši iz baterijske reje, razen pozimi, ko je bilo te kisline več v jajcih kokoši iz ekološke reje. Vsebnost linolne in arahidonske kisline v jajcih kokoši iz ekološke reje je bila najmanjša pomladi nato se je povečevala do zime, ko je dosegla največjo vrednost. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bilo največ linolne kisline pozimi in najmanj poleti, največ arahidonske kisline je bilo v jeseni in najmanj pozimi.

Volčanšek (2004) je določila maščobnokislinsko sestavo jajc v različnih letnih časih. Predstavila je maščobnokislinsko sestavo jajc vseh kokoši (štajerske in isabrown kokoši) ne glede na način reje (baterijska reja in reja v kurnicah z izpustom). Gibanje maščobnokislinske sestave jajc preko letnih časov se med tem in našim poskusom bistveno razlikuje. Nasprotno z našimi ugotovitvami ugotavlja, da je bilo največ nasičenih maščobnih kislin v jesenskih in najmanj v poletnih jajcih. Enako gibanje je ugotovila pri enkrat nenasičenih maščobnih kislinah. Večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bilo najmanj v jeseni, nato so se povečevale do pomladi, poleti je bila vrednost spet manjša. V našem poskusu je bilo najmanj večkrat nenasičenih maščobnih kislin v jajcih kokoši iz baterijske reje poleti in iz ekološke reje spomladi, največja vrednost je bila pri obeh rejah pozimi. N-3 večkrat nenasičene maščobne kisline so imele podobno vrednost od zime do poletja, in sicer pozimi največjo vrednost in najmanjšo v jeseni. Tudi v jajcih kokoši iz baterijske reje iz našega poskusa je največ n-3 maščobnih kislin pozimi, medtem ko je najmanj teh kislin poleti. N-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bilo najmanj v jeseni in največ spomladi.

Jajca kokoši iz ekološke reje, znesena v poletnih in zimskih mesecih, imajo podobno maščobnokislinsko sestavo, ugotavljata Scharf in Elmadfa (1998). Izmed n-3 maščobnih kislin je v poleti znesenih jajcih nekaj več eikozapentaenojske, dokozapentaenojske, dokozaheksaenojske kisline.

Preglednica 19: Maščobnokislinska sestava jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1) (*n = 2)

Maščobne kisline	Jesen		Zima		Pomlad		Poletje	
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER
14:0	0,38 ± 0,00	0,38 ± 0,01	0,36 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,39 ± 0,00	0,38 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,00
14:1, n-5	0,09 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,11 ± 0,01	0,08 ± 0,00
16:0	25,71 ± 0,01	25,51 ± 0,01	25,48 ± 0,03	24,69 ± 0,02	26,03 ± 0,04	25,59 ± 0,04	25,97 ± 0,01	25,27 ± 0,01
16:1 n-7	4,04 ± 0,01	3,68 ± 0,01	3,84 ± 0,00	3,41 ± 0,01	4,28 ± 0,00	3,93 ± 0,01	4,42 ± 0,01	3,92 ± 0,00
17:0	0,15 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,16 ± 0,01	0,18 ± 0,00	0,15 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,20 ± 0,00
17:1, n-7	0,13 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,18 ± 0,00
18:0	8,34 ± 0,05	8,49 ± 0,01	8,01 ± 0,01	8,58 ± 0,01	7,86 ± 0,01	7,89 ± 0,04	7,65 ± 0,01	7,94 ± 0,02
18:1, n-9c ¹	42,10 ± 0,10	39,64 ± 0,06	41,75 ± 0,08	40,24 ± 0,10	42,28 ± 0,02	41,54 ± 0,11	43,75 ± 0,04	40,56 ± 0,06
18:2, n-6c	13,88 ± 0,06	15,88 ± 0,16	15,01 ± 0,05	17,23 ± 0,08	13,79 ± 0,01	14,49 ± 0,04	12,71 ± 0,01	15,64 ± 0,06
18:3, n-6	0,09 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,09 ± 0,00
18:3, n-3	0,51 ± 0,01	0,80 ± 0,01	0,60 ± 0,00	0,57 ± 0,00	0,41 ± 0,01	0,87 ± 0,02	0,36 ± 0,00	0,84 ± 0,01
20:1, n15 ²	0,24 ± 0,00	0,33 ± 0,02	0,22 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,23 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,26 ± 0,02	0,25 ± 0,01
20:2, n-6	0,19 ± 0,01	0,25 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,19 ± 0,00	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,19 ± 0,00
20:3, n-6	0,15 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,15 ± 0,01	0,13 ± 0,00	0,15 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,00	0,14 ± 0,01
20:4, n-6	2,25 ± 0,01	2,09 ± 0,01	2,13 ± 0,03	2,17 ± 0,01	2,19 ± 0,00	1,95 ± 0,02	2,14 ± 0,01	2,01 ± 0,01
22:4, n6	0,21 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,22 ± 0,01
22:5, n-3	0,13 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,23 ± 0,01
22:6, n-3	1,16 ± 0,01	1,43 ± 0,04	1,27 ± 0,00	1,14 ± 0,00	1,05 ± 0,00	1,54 ± 0,05	0,95 ± 0,01	1,46 ± 0,01
NMK	34,72 ± 0,04	34,79 ± 0,01	34,15 ± 0,02	33,94 ± 0,04	34,57 ± 0,03	34,28 ± 0,08	34,33 ± 0,01	34,08 ± 0,04
ENMK	46,64 ± 0,11	43,93 ± 0,10	46,06 ± 0,07	44,10 ± 0,08	47,06 ± 0,01	45,99 ± 0,12	48,70 ± 0,01	45,03 ± 0,06
VNMK	18,65 ± 0,07	21,24 ± 0,15	19,81 ± 0,06	21,97 ± 0,06	18,37 ± 0,01	19,72 ± 0,20	16,97 ± 0,01	20,90 ± 0,09
n-3	1,80 ± 0,01	2,46 ± 0,04	2,00 ± 0,01	1,89 ± 0,01	1,60 ± 0,00	2,61 ± 0,08	1,41 ± 0,00	2,52 ± 0,01
n-6	16,76 ± 0,08	18,69 ± 0,19	17,73 ± 0,06	20,01 ± 0,08	16,66 ± 0,01	17,01 ± 0,08	15,45 ± 0,00	18,28 ± 0,08
n-6:n-3	9,34 ± 0,01	7,60 ± 0,21	8,88 ± 0,06	10,59 ± 0,12	10,41 ± 0,00	6,52 ± 0,18	10,96 ± 0,00	7,25 ± 0,01

18:1, n-9c¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; NMK - nasičene maščobne kisline; ENMK - enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK - večkrat nenasičene maščobne kisline, BR - baterijska reja, ER - ekološka reja; vrednosti maščobnih kislin so podane kot srednje vrednosti s standardnim odklonom

4.4.3 Primerjava maščobnokislinske sestave jajc iz dveh različnih vzorčenj

V preglednici 20 je predstavljena maščobnokislinska sestava jajc prelux-G kokoši iz dveh različnih vzorčenj v mesecu juniju. Vzorčenje 1 predstavlja en vzorec desetih jajc od različnih kokoši. Vzorčenje 2 predstavlja deset vzorcev desetih jajc, v katerega smo združili deset zaporedno znesenih jajc posamezne kokoši. Za določitev statistične značilnosti razlik med vzorčenji, bi morali analizirati večje število vzorcev.

Največja razlika med vzorčenjem 1 in 2 v jajcih kokoši iz baterijske in ekološke reje je nastala pri enkrat nenasičenih maščobnih kislinah in med posameznimi kislinami pri oleinski kislini. Razlike v vsebnosti maščobnih kislin so bile med vzorčenjema večje v baterijski reji v primerjavi z ekološko rejo. Razlike nad 1 ut. % smo med vzorčenjem 1 in 2 v jajcih kokoši iz baterijske reje opazili pri enkrat nenasičenih maščobnih kislinah (1,36 ut. %) in pri oleinski kislini (1,26 ut. %). V jajcih kokoši iz ekološke reje so bile razlike v vsebnosti maščobnih kislin med vzorčenjem 1 in 2 manjše od 1 ut. %. Razlike med vzorčenjema med 0,5 in 1 ut. % so nastale v jajcih kokoši iz baterijske reje pri večkrat nenasičenih (0,84 ut. %), večkrat n-6 nenasičenih (0,85 ut. %), nasičenih (0,51 ut. %) maščobnih kislinah ter pri linolni kislini (0,76 ut. %), v jajcih kokoši iz ekološke reje pa pri enkrat (0,55 ut. %) in večkrat (0,51 ut. %) nenasičenih maščobnih kislinah ter pri oleinski kislini (0,57 ut. %). Pri ostalih maščobnih kislinah so razlike pri obeh vzorčenjih pod 0,5 ut. %. Povzamemo lahko, da način vzorčenja na maščobnokislinsko sestavo jajc ni bistveno vplival.

Preglednica 20: Maščobnokislinska sestava jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju

Maščobna kislina	Vzorčenja 1 (*n =2)		Vzorčenje 2 (*n = 20)		Razlika med vzorčenjem 1 in 2	
	Baterijska reja	Ekološka reja	Baterijska reja	Ekološka reja	Baterijska reja	Ekološka reja
14:0	0,43 ± 0,01	0,37 ± 0,00	0,41 ± 0,02	0,38 ± 0,02	0,02	-0,01
14:1, n-5	0,11 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,01	-0,01
16:0	25,97 ± 0,01	25,27 ± 0,01	26,31 ± 0,95	25,26 ± 0,95	-0,34	0,01
16:1, n-7	4,42 ± 0,01	3,92 ± 0,00	4,34 ± 0,34	3,93 ± 0,38	0,08	-0,01
17:0	0,14 ± 0,00	0,20 ± 0,00	0,15 ± 0,01	0,21 ± 0,03	-0,01	-0,01
17:1, n-7	0,14 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,00	-0,01
18:0	7,65 ± 0,01	7,94 ± 0,02	7,83 ± 0,38	7,96 ± 0,46	-0,18	-0,02
18:1, n-9c ¹	43,75 ± 0,04	40,56 ± 0,06	42,49 ± 1,86	39,99 ± 1,91	1,26	0,57
18:2, n-6c	12,71 ± 0,01	15,64 ± 0,06	13,47 ± 1,19	15,90 ± 1,35	-0,76	-0,26
18:3, n-6	0,10 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,02	-0,01	0,00
18:3, n-3	0,36 ± 0,00	0,84 ± 0,01	0,36 ± 0,05	0,98 ± 0,22	0,00	-0,14
20:1, n15 ²	0,26 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,26 ± 0,03	0,02	-0,01
20:2, n-6	0,17 ± 0,00	0,19 ± 0,00	0,18 ± 0,02	0,21 ± 0,03	-0,01	-0,02
20:3, n-6	0,14 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,16 ± 0,03	-0,01	-0,02
20:4, n-6	2,14 ± 0,01	2,01 ± 0,01	2,18 ± 0,12	1,93 ± 0,07	-0,04	0,08
20:5, n-3	**	**	**	0,03 ± 0,01	**	-0,03
22:4, n6	0,20 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,04	0,20 ± 0,02	-0,02	0,02
22:5, n-3	0,11 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,12 ± 0,03	0,22 ± 0,06	-0,01	0,01
22:6, n-3	0,95 ± 0,01	1,46 ± 0,01	0,94 ± 0,09	1,59 ± 0,17	0,01	-0,13
NMK	34,33 ± 0,01	34,08 ± 0,04	34,84 ± 1,04	34,11 ± 1,12	-0,51	-0,03
ENMK	48,70 ± 0,01	45,03 ± 0,06	47,34 ± 1,81	44,48 ± 1,76	1,36	0,55
VNMK	16,97 ± 0,01	20,90 ± 0,09	17,81 ± 1,24	21,41 ± 1,60	-0,84	-0,51
n-3	1,41 ± 0,00	2,52 ± 0,01	1,42 ± 0,12	2,85 ± 0,40	-0,01	-0,33
n-6	15,45 ± 0,00	18,28 ± 0,08	16,30 ± 1,23	18,49 ± 1,34	-0,85	-0,21
n-6:n-3	10,96 ± 0,00	7,25 ± 0,01	11,54 ± 1,25	6,58 ± 0,74	-0,58	0,67

18:1, n-9c ¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15 ² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline; vrednosti maščobnih kislin so podane kot srednje vrednosti s standardnim odklonom.

4.4.4 Viri variabilnosti v maščobnokislinski sestavi

Vpliv načina reje na maščobnokislinsko sestavo jajca smo določili z wilcoxonovim testom vsote rangov (preglednica 21). Rezultate smo predstavili kot srednje vrednosti s

standardnim odklonom. Način reje je imel statistično značilen vpliv na maščobnokislinsko sestavo jajca, razen na vsebnost stearinske in eikozatrienojske kisline.

Preglednica 21: Srednje vrednosti s standardnim odklonom in statistična značilnost razlik med načinoma reje v maščobnokislinski sestavi jajca (ut. % maščobnih kislin od skupnih maščobnih kislin) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) določena z wilcoxonovim testom vsote rangov (*n = 20)

Maščobna kislina	Povprečje ± SO		Povprečni rang		p – vrednost
	Baterijska reja	Ekološka reja	Baterijska reja	Ekološka reja	
14:0	0,41 ± 0,02	0,38 ± 0,02	27,48	13,53	0,0001
14:1, n-5	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,02	24,20	16,80	0,0423
16:0	26,31 ± 0,95	25,26 ± 0,95	26,35	14,65	0,0015
16:1, n-7	4,34 ± 0,34	3,93 ± 0,38	26,35	14,64	0,0008
17:0	0,15 ± 0,01	0,21 ± 0,03	10,60	30,40	<,0001
17:1, n-7	0,14 ± 0,01	0,19 ± 0,02	10,80	30,20	<,0001
18:0	7,83 ± 0,38	7,96 ± 0,46	19,10	21,90	0,4558
18:1, n-9c***	42,49 ± 1,86	39,99 ± 1,91	26,90	14,10	0,0003
18:2, n-6c	13,47 ± 1,19	15,90 ± 1,35	11,95	29,05	<,0001
18:3, n-6	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,02	26,33	14,68	0,0014
18:3, n-3	0,36 ± 0,05	0,98 ± 0,22	10,50	30,50	<,0001
20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9	0,24 ± 0,03	0,26 ± 0,03	16,38	24,63	0,0276
20:2, n-6	0,18 ± 0,02	0,21 ± 0,03	13,75	27,25	0,0003
20:3, n-6	0,15 ± 0,02	0,16 ± 0,03	20,20	20,80	0,8815
20:4, n-6	2,18 ± 0,12	1,93 ± 0,07	29,83	11,18	<,0001
20:5, n-3	**	0,03 ± 0,01	10,50	30,50	<,0001
22:4, n6	0,22 ± 0,04	0,20 ± 0,02	24,53	16,48	0,0281
22:5, n-3	0,12 ± 0,03	0,22 ± 0,06	11,43	29,58	<,0001
22:6, n-3	0,94 ± 0,09	1,59 ± 0,17	10,50	30,50	<,0001
NMK	34,84 ± 1,04	34,11 ± 1,12	24,80	16,20	0,0197
ENMK	47,34 ± 1,81	44,48 ± 1,76	27,65	13,35	<,0001
VNMK	17,81 ± 1,24	21,41 ± 1,60	11,55	29,45	<,0001
n-3	1,42 ± 0,12	2,85 ± 0,40	12,80	28,20	<,0001
n-6	16,3 ± 1,23	18,49 ± 1,34	10,50	30,50	<,0001
n-6:n-3	11,54 ± 1,25	6,58 ± 0,74	30,50	10,50	<,0001

* - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih; 18:1, n-9c*** - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1, n-7c; SO – standardni odklon; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline

Delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin je za 20 % večji v jajcih kokoši iz ekološke reje v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. V jajcih kokoši iz ekološke reje je za 100 % več n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. Tudi posameznih n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je več v jajcih kokoši iz ekološke reje v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje, in sicer α -linolenske za 172 %, dokozaheksaenojske za 81 % in dokozaheksaenojske kisline za 69 %. Eikozapentaenojska kislina je prisotna samo v jajcih iz ekološke reje, v jajcih kokoši iz baterijske reje je pod mejo detekcije. N-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je za 13 % več v jajcih kokoši iz ekološke reje v primerjavi z jajci iz baterijske reje. Prav tako je linolne kisline za 18 % več v jajcih kokoši iz ekološke reje, medtem ko je arahidonske za 12 % več v jajcih iz baterijske reje. Vrednost razmerja n-6:n-3 je za 75 % večja v jajcih kokoši iz baterijske reje v primerjavi z jajci kokoši iz ekološke reje.

Več avtorjev, Slokan (2003), Volčanšek (2004), Simčič in sod. (2011), Anderson (2011), je enotnih, da je v jajcih kokoši iz pašne reje v primerjavi z baterijsko rejo značilno več skupnih n-3 maščobnih kislin, medtem, ko se vsebnosti ostalih maščobnih kislin razlikujejo med raziskavami. Prav tako je v raziskavah dokazano, da je med posameznimi n-3 večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami v jajcih iz pašne reje več α – linolenske in dokozaheksaenojske (Slokan, 2003; Volčanšek, 2004; Simčič, 2011) ter dokozaheksaenojske kisline (Volčanšek, 2004; Simčič, 2011) v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. Krawczyk in sod. (2011) so primerjali jajca kokoši iz talne in pašne reje in ugotovili, da je v jajcih kokoši iz pašne reje značilno večja vsebnost n-3 maščobnih kislin.

5 SKLEPI

Na osnovi rezultatov lahko povzamemo naslednje:

- Povprečna masa jajc je bila večja pri kokoših iz baterijske reje (64,49 g) v primerjavi z maso jajc kokoši iz ekološke reje (63,72 g).
- Povprečni delež rumenjaka v jajcu in prav tako v jajčni vsebini je bil večji v jajcih kokoši iz ekološke reje ($30,24 \pm 2,65$ %, $34,34 \pm 3,30$ %) kot v jajcih kokoši iz baterijske reje ($28,83 \pm 2,08$ %, $32,82 \pm 2,22$ %).
- V jajcih kokoši iz baterijske reje smo določili $12,92 \pm 0,74$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $25,80 \pm 1,35$ mg holesterola/g SS rumenjaka, v jajcih kokoši iz ekološke reje $13,23 \pm 0,41$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $26,88 \pm 1,14$ mg holesterola/g SS rumenjaka.
- Vsebnost holesterola se je v jajcih iz baterijske reje zmanjševala od jeseni do poletja. V ekološki reji je prav tako opazen trend zmanjševanja vsebnosti holesterola od jeseni do pomladi, ko je bila določena najmanjša vsebnost, a se je poleti spet povečala.
- Način reje je statistično značilno vplival na vsebnost holesterola v jajcu.
- V jajcih kokoši iz ekološke reje je bilo manj nasičenih, enkrat nenasičenih in več večkrat nenasičenih, n-3 in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje.
- Razmerje med n-6 in n-3 večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami je bilo v jajcih iz ekološke reje v vseh letnih časih, razen pozimi, ugodnejše kot v jajcih iz baterijske reje.
- Način reje je statistično značilno vplival na maščobnokislinsko sestavo jajca, saj je značilno vplival na vsebnost vseh proučevanih maščobnih kislin, razen na vsebnost stearinske in eikozatrienojske kisline.
- V jajcih kokoši iz ekološke reje je bilo največ n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin spomladi in najmanj pozimi, nasprotno je bilo n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin največ pozimi in najmanj spomladi. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bilo največ n-3 in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin pozimi in najmanj poleti.
- Način vzorčenja ni bistveno vplival na rezultate o vsebnosti holesterola in maščobnokislinski sestavi jajc.

6 POVZETEK

Namen naloge je bil proučiti vpliv načina reje (baterijska, ekološka), ki vključuje tudi vpliv prehrane kokoši, na vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc. Poleg navedenega smo proučili tudi vpliv letnih časov na vsebnost holesterola in maščobnih kislin v rumenjakih jajc ter vpliv načina vzorčenja na rezultate.

Vsebnost holesterola in maščobnokislinsko sestavo jajc smo določali v jajcih kokoši prelux-G. Iz jate osemnajsttedenskih jarkic prelux-G sta bili oblikovani dve skupini naključno izbranih jarkic. Ena skupina je bila vseljena v individualne kletke baterijske reje na Pedagoško raziskovalnem centru za perutninarstvo BF in druga v ekološko rejo na ekološki kmetiji. Iz obeh rej smo vzeli vzorce jajc v različnih letnih časih (november, januar, marec, junij), v vsakem letnem času po en vzorec desetih jajc iz posameznega načina reje. V mesecu juniju smo v posameznem načinu reje dodatno vzeli sto jajc, in sicer deset zaporedno znesenih jajc po kokoši in teh deset jajc oziroma deset rumenjakov po kokoši združili v en vzorec. Ob prvem vzorčenju jajc so bile kokoši stare 32 tednov in na koncu zadnjega vzorčenja 63 tednov.

Vsebnost holesterola v rumenjakih smo določili z encimsko – spektrofotometrično metodo (Boehringer-Mannheim, 1987). Maščobno kislinsko sestavo vzorcev smo določili s plinsko kromatografijo. Za določitev maščobnih kislin smo izbrali metodo in situ transesterifikacije (ISTE) modificirano po Parku in Goinsu (1994), kjer ni potrebna predhodna ekstrakcija maščob iz vzorca.

V jajcih kokoši iz baterijske reje smo določili $12,92 \pm 0,74$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $25,80 \pm 1,35$ mg holesterola/g SS rumenjaka, v jajcih kokoši iz ekološke reje $13,23 \pm 0,41$ mg holesterola/g rumenjaka oz. $26,88 \pm 1,14$ mg holesterola/g SS rumenjaka. Način reje je značilno vplival na vsebnost holesterola v jajcu. Vsebnost holesterola se je v jajcih iz baterijske reje zmanjševala od jeseni do poletja. V ekološki reji je prav tako opazen trend zmanjševanja vsebnosti holesterola od jeseni do pomladi, ko je bila določena najmanjša vsebnost, a večja vsebnost je bila spet poleti.

Način reje je statistično značilno vplival na maščobnokislinsko sestavo jajca, razen na vsebnost stearinske in eikozatrienojske kisline. V jajcih kokoši iz ekološke reje je bilo manj nasičenih in enkrat nenasičenih maščobnih kislin. Za 20 % je bilo več večkrat nenasičenih, za 100 % več n-3 večkrat nenasičenih in za 13 % več n-6 večkrat nenasičenih

maščobnih kislin v jajcih kokoši iz ekološke reje v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje. Delež posameznih n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin je bil večji v jajcih iz ekološke reje in sicer α -linolenske za 172 %, dokozapentaenojske za 81 % in dokozahexaenojske kisline za 69 % v primerjavi z jajci kokoši iz baterijske reje, medtem ko je bila eikozapentaenojska kislina prisotna samo v jajcih kokoši iz ekološke reje. Med n-6 maščobnimi kislinami je bilo za 18 % več linolne kisline v jajcih iz ekološke reje, nasprotno je bilo za 12 % več arahidonske kisline v jajcih kokoši iz baterijske reje. V jajcih kokoši iz ekološke reje je bilo največ n-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin spomladi, nato so se zmanjševale do zime. Nasprotni trend povečevanja (od spomladi do zime) so kazale n-6 večkrat nenasičene maščobne kisline. V jajcih kokoši iz baterijske reje je bilo največ n-3 in n-6 večkrat nenasičenih maščobnih kislin pozimi in najmanj poleti. Vrednost n-6:n-3 razmerja je bila v jajcih iz ekološke reje manjša spomladi, poleti in jeseni, le pozimi je bila manjša v jajcih iz baterijske reje.

Ugotovili smo, da način vzorčenja ni bistveno vplival na rezultate o vsebnosti holesterola in maščobnokislinski sestavi jajc.

7 VIRI

- Anderson K. E. 2011. Comparison of fatty acid, cholesterol, and vitamin A and E composition in eggs from hens housed in conventional cage and range production facilities. *Poultry Science*, 90, 7: 1600–1608
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 2, Food composition, additives, natural contaminants. Arlington, Association of Official Analytical Chemists
- AOAC. 1998. Official methods of analysis of AOAC international, 16th Edition, 4th Revision, Volume 2, Food composition; additives; natural contaminants. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists
- Arh T. 1995. Vpliv beta agonista na vsebnost holesterola v jajcih. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 56 str.
- Boehringer – Mannheim. 1987. Colorimetric method for the determination of cholesterol in foodstuffs and other materials. Catalogue No. 139 050
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.
- Campo J. L. 1995. Comparative yolk cholesterol content in four spanish breeds of hens, an F₂ cross, and a White Leghorn population. *Poultry Science* 74, 7: 1061-1066
- Carrillo – Dominguez S., Carranco – Jauregui M. E., Castillo – Dominguez R. M., Castro – Gonzales M. I., Alvila – Gonzales E., Perez Gil F. 2005. Cholesterol and fatty acid in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncodes planipes*). *Poultry Science* 84, 1: 167-172
- Damme K., Schuster M. 1992. Cholesterin in Eiern von Reinzuchtlinien und Kreuzungen beim Huhn. *Archiv für Tierzucht*, 35,1/2: 161-168
- Drev B. 2004. Ekološka prirreja jajc. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 54 str.
- Farrell D. 2013. How important is cholesterol in eggs? V: Poultry development review. Food and Agriculture Organization of the United Nations: 8-9 <http://www.fao.org/docrep/019/i3531e/i3531e00.htm>, (05.06.2016)
- García - López , J.C., Suárez - Oporta, M.E., Pinos - Rodríguez, J. M., Álvarez - Fuentes, G. 2007. Egg components, lipid fraction and fatty acid composition of Creole and Plymouth Rock x Rhode Island Red cross hens fed with three diets. *Worlds Poultry Science Journal*, 63, 473-479
- Gebert S., Messikommer R., Pfirter H. P., Bee G., Wenk C. 1998. Dietary fats and vitamin E in diets for laying hens: Effects on laying performance, storage stability and fatty acid composition of eggs. *Archiv für Geflügelkunde*, 62, 5: 214-222
- Gissel C., Lindfeld A., Althelmig K. H. 1976a. Untersuchungen über den Cholesteringehalt im Eidotter von zehn Zuchttrassen. *Archiv für Geflügelkunde*, 40,5: 177-181

- Gissel C., Lindfeld A., Ehrenbrik H. L. 1976b. Untersuchungen über die Beeinflussung des Cholesteringehaltes im Eidotter durch Rasse, Alter und Fütterung der Legehennen. Archiv für Geflügelkunde, 40,4: 134/140
- Grashorn M. A. 1994. Einfluß verschiedener Futterfette auf den Blut- und Dottercholesteringehalt von Legehennen. Archiv für Geflügelkunde, 58, 5: 224-230
- Halle I. 1999. Untersuchungen zum Einfluß ein- und mehrfach ungesättigter Futterfettsäuren auf Legeleistungsmerkmale, Eizusammensetzung und Dotterfettsäuremuster bei Zuchthennen des Masthuhntyps. Archiv für Geflügelkunde, 63, 1: 21-28
- Halle I. 2000. Untersuchungen zum Einfluss einer gestaffelten Supplementierung von Fischöl, Leineöl oder einer Kombination aus beiden Ölen auf Legeleistungsmerkmale, Eizusammensetzung und Dotterfettsäuremuster bei Legehennen. Archiv für Geflügelkunde, 65, 1: 13-21
- Hammershøj M. 1995. Effects of dietary fish oil with natural content of carotenoids on fatty acid composition, n-3 fatty acid content, yolk colour and egg quality of hen eggs. Archiv für Geflügelkunde, 59, 3: 189-197
- Hodžar D. 2015. Vsebnost holesterola v jajcih prelux nesnic. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 51 str.
- Holcman A. 1998. Nekaj poudarkov o kakovosti jajc. Sodobno kmetijstvo, 31, 5: 245-247
- Holcman A., Kmecl A., Terčič D., Perko K. 1996. Proizvodne lastnosti kokoši nesnic prelux-G. Sodobno kmetijstvo, 29, 1: 13-17
- Holcman A., Ločniškar F. 1998. Prelux : slovenska selekcija kokoši. Sodobno kmetijstvo, 31, 5: 244
- Holcman A., Salobir J., Zorman - Rojs O., Kavčič S. 2004. Reja kokoši v manjših jatah. Ljubljana, Kmečki glas: 226 str.
- Holcman A., Salobir J., Zorman Rojs O., Kavčič S. 2014. Reja kokoši in piščancev. Ljubljana, Kmečki glas: 152 str.
- Kirubakaran A., Narahari D., Ezhil Valavan T., Sathish Kumar A. 2011. Effects of flaxseed, sardines, pearl millet, and holy basil leaves on production traits of layers and fatty acid composition of egg yolks. Poultry Science, 90, 1: 147-156
- Koman Rajšp M., Stibilj V. 1998. Maščobnokislinska sestava jajc. Sodobno kmetijstvo, 31, 5: 248-252
- Krawczyk J., Gornowicz E. 2010. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. Archiv für Geflügelkunde, 74, 3: 151-157
- Krawczyk J., Sokołowicz Z., Szymczyk B. 2011. Effect of housing system on cholesterol, vitamin and fatty acid content of yolk and physical characteristics of eggs from Polish native hens. Archiv für Geflügelkunde, 75, 3: 151-157
- Laker M., 2005. Kako razumeti holesterol. Ljubljana, Pisanica: 91 str.
- Laudadio V., Ceci E., Lastella N. M. B., Tufarelli V. 2014. Effect of feeding low-fiber

- fraction of air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal on laying hen productive performance and egg yolk cholesterol. *Poultry Science*, 93, 11: 2864-2869
- Ločniškar F., Benčina D., Holcman A., Kmecl A. 1991. Reja perutnine : piščancev in kokoši. Ljubljana, Kmečki glas: 188 str.
- Meluzzi A., Sirri F., Tallarico N., Franchini A. 2001. Effect of different vegetable lipid sources on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. *Archiv für Geflügelkunde*, 65, 3: 207-2013
- Mikulski D., Jankowski J., Naczmanski J., Mikulska M., Demey V. 2012. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science*, 91, 10: 2691-2700
- Millet, S., De Ceulaer, K., Van Paemel, M., Raes, K., De Smet, S., Janssens, G.P.J. 2006. Lipid profile in eggs of Araucana hens compared with Lohmann Selected Leghorn and ISA Brown hens given diets with different fat sources. *British Poultry Science*, 47, 3: 294-300
- Minelli G. Sirri F., Folegatti E., Meluzzi A., Franchini A. 2007. Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional system. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 1: 728-730
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4081/ijas.2007.1s.728> (05.06.2016)
- Pál L., Dublec K., Husvéth F., Wágner L., Bartos A., Kovács G. 2002. Effect of dietary fats and vitamin E on fatty acid composition, vitamin A and E content and oxidative stability of egg yolk. *Archiv für Geflügelkunde*, 66, 6:251-257
- Park P. W., Goins R. E. 1994 . In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. *Journal of Food Science*, 59, 6: 1262-1266
- Pišťeková V., Hovorka M., Večerek V., Straková E., Suchy P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*, 51, 7: 318-325
- Pravilnik o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih pridelkov oziroma živil. Ur. l. RS št. 8-205/14
- Pravilnik o zaščiti rejnih živali. Ur. l. RS št. 51-2767/10
- Rizzi C., Chericato G. M. 2010. Chemical composition of meat and egg yolk of hybrid and Italian breed hens using on organic production system. *Poultry Science*, 89, 6: 1239-1256
- Rizzi C., Marangon A. 2012. Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry Science*, 91, 9: 2330-2340
- Salma U., Miah A. G., Tareq K. M. A., Maki T., Tsujii H. 2007. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on egg-yolk cholesterol and laying hen performance. *Poultry Science*, 86, 4: 714-719
- Sari M., Akşit M., Özdoğan M., Basmacioğlu H. 2001. Effects of addition of flaxseed to diets of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol, and fatty acid composition of yolk. *Archiv für Geflügelkunde*, 66, 2:75-79

- Sarica M., Šekeroğlu A., Karacay N. 2009. Effect of genotype on fatty acid and cholesterol contents of hen's egg. *Asian Journal of Chemistry*, 21, 1: 511-516
https://www.researchgate.net/publication/280805841_Effect_of_Genotype_on_Fatty_Acid_and_Cholesterol_Content_of_Hen's_Egg (05.06.2016)
- SAS Inst. Inc. 2012. The SAS System for Linux, Release 9.4
- Scharf G., Elmadfa I. 1998. Fettsäuremuster handelsüblicher Hühnereier. *Ernährung/Nutrition*, 22, 3: 99-102
- Senčič Đ., Antunović Z., Domaćinović M., Šperanda M., Steiner Z. 2006. Kvaliteta kokošjih jaja iz slobodnog i kaveznog sustava držanja. *Stočarstvo*, 60, 3: 173-179
- Shi S. R., Lu J., Tong H.B., Zou J. M., Wang K. H. 2012. Effects of graded replacement of soybean meal by sunflower seed meal in laying hen diets on hen performance, egg quality, egg fatty acid composition, and cholesterol content. *The Journal of applied poultry research*, 21: 367-374
<http://japr.oxfordjournals.org/content/21/2/367.full.pdf+html> (5.6.2016)
- Simčič M. 2003. Vsebnost holesterola v jajcih avtohtone pasme štajerke in isabrown kokoši. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 58 str.
- Simčič M., Stibilj V., Holcman A. 2009. The cholesterol content of eggs produced by the Slovenian autochthonous Styrian hen. *Food Chemistry* 114, 1: 1-4
- Simčič M., Stibilj V., Holcman A. 2011. Fatty acid composition of eggs produced by the Slovenian autochthonous Styrian hen. *Food Chemistry*, 125: 873-877
- Slokan P. 2003. Vpliv reje in starosti kokoši na fizikalne in senzorične lastnosti jedilnih jajc. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 77 str.
- Sparks N. H. C. 2006. The hen's egg - is its role in human nutrition changing? *World's Poultry Science Journal*, 62, 2: 308-315
- Stibilj V., Koman Rajšp M., Holcman A. 1999. Fatty acid composition of eggs enriched with omega - 3 fatty acids on the market. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika)*, 74, 2: 27-36
- Terčič D., Levart A., Holcman A. 2010. Cholesterol content in eggs produced by hens divergently selected for body weight. *Archiv für Tierzucht*, 53, 6: 701-707
- Trziszka T., Dobrzański Z., Oziemblowski M., Jarmoluk A., Krasnowska G. 2004. An attempt to compare the quality of chicken eggs from cage system and ecological production. *Archiv für Geflügelkunde*, 68, 6: 269-274
- Uredba komisije (ES) št. 889/2008 z dne 5. septembra 2008 o določitvi podrobnih pravil za izvajanje Uredbe Sveta (ES) št. 834/2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov glede ekološke pridelave, označevanja in nadzora. 2008. Uradni list Evropske unije, L 250: 1-84
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0889&from=SL> (29.05.2016)

- Uredba sveta (ES) št. 834/2007 z dne 28. junija 2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe (EGS) št. 2092/91. 2007. Uradni list Evropske unije, L 189: 1-23
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?qid=1470935570151&uri=CELEX:32007R0834> (29.05.2016)
- USDA. 2016. National nutrient database for standard reference. United States Department of Agriculture
<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods?qlookup=&new=1> (15.6.2016)
- Volčanšek M. 2004. Maščobnokislinska sestava jajc avtohtone pasme štajerke in isabrown kokoši. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, 56 str.
- Watkins B. A. 1991. Importance of essential fatty acids and their derivatives in poultry. The Journal of Nutrition, 121, 9: 1475-1485
- Zemková E., Simeonovová J., Lichovníková M., Somerlíková K. 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. Czech Journal of Animal Science, 52, 4: 110-115

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici prof. dr. Antoniji Holcman za ponujeno znanje, nasvete, vložen čas in vsestransko pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se predsedniku komisije prof. dr. Janezu Salobirju in recenzentu doc. dr. Dušanu Terčiču za pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se prof. dr. Vekoslavi Stibilj za pomoč in nasvete pri izvedbi liofilizacije vzorcev na Odseku za znanosti o okolju Inštituta Jožef Stefan.

Asist. dr. Alenki Levart hvala za pomoč pri izvajanju laboratorijskih analiz, za prijaznost in nasvete.

Za pomoč pri statistični obdelavi se zahvaljujem doc. dr. Špeli Malovrh.

Iskreno se zahvaljujem staršem in sestri Mariji, ki so me med študijem podpirali in mi vedno stali ob strani.

Posebna zahvala možu Primožu za podporo in razumevanje in sinu Teodorju za potrpežljivost v času nastajanja diplomskega dela.

Iskrena hvala vsem.

PRILOGE

Priloga A:

Vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz dveh načinov reje

Način reje	Vzorec	mg holesterola/g SS rumenjaka	mg holesterola/g rumenjaka	mg holesterola/ rumenjak	mg holesterola/g jajčne vsebine	mg holesterola/g jajca
Baterijska reja	K1A	27,80	13,93	275,90	4,84	4,30
	K1B	27,48	13,76	272,66	4,78	4,24
	K2A	26,09	13,08	240,88	4,16	3,66
	K2B	25,61	12,83	236,42	4,08	3,60
	K3A	24,88	12,48	238,11	4,30	3,80
	K3B	25,29	12,69	242,04	4,37	3,86
	K4A	23,74	11,87	193,42	3,60	3,17
	K4B	23,85	11,92	194,34	3,61	3,18
	K5A	25,05	12,73	230,62	4,24	3,72
	K5B	25,54	12,99	235,21	4,32	3,79
	K6A	26,87	13,77	257,90	4,68	4,11
	K6B	27,05	13,86	259,67	4,71	4,13
	K7A	27,75	13,93	273,87	4,82	4,24
	K7B	27,48	13,79	271,21	4,77	4,20
	K8A	26,79	13,23	275,93	4,42	3,90
	K8B	26,74	13,21	275,49	4,41	3,89
	K9A	24,62	12,10	204,87	3,69	3,07
K9B	24,44	12,01	203,34	3,66	3,05	
K10A	24,38	12,10	215,44	3,91	3,31	
K10B	24,59	12,20	217,32	3,94	3,34	
Ekološka reja	T1A	27,81	13,69	252,34	4,83	4,25
	T1B	26,98	13,28	244,75	4,68	4,12
	T2A	25,40	12,71	244,92	4,38	3,87
	T2B	26,10	13,06	251,64	4,50	3,97
	T3A	27,98	13,88	264,63	4,92	4,27
	T3B	27,84	13,81	263,29	4,89	4,25
	T4A	26,93	13,74	254,96	4,48	3,98
	T4B	26,41	13,47	250,00	4,39	3,90
	T5A	25,75	12,78	248,12	4,94	4,34
	T5B	25,79	12,80	248,53	4,94	4,35
	T6A	29,51	13,43	250,98	4,40	3,87
	T6B	29,20	13,29	248,32	4,35	3,83
	T7A	26,02	12,89	246,79	4,29	3,80
	T7B	27,72	13,73	262,92	4,57	4,05
	T8A	26,22	12,87	254,27	4,96	4,29
	T8B	26,77	13,14	259,63	5,06	4,38
	T9A	26,25	12,83	238,53	3,83	3,41
T9B	25,68	12,55	233,36	3,74	3,34	
T10A	26,55	13,30	275,30	4,32	3,87	
T10B	26,67	13,36	276,48	4,34	3,88	

Priloga B:

Vsebnost holesterola v jajcih prelux-G kokoši iz dveh načinov reje vzorčeno v različnih letnih časih

Način reje	Vzorec	mg holesterola/g SS rumenjaka
Baterijska reja	KAA	25,96
	KAB	26,44
	KBA	25,85
	KBB	26,20
	KCA	25,36
	KCB	26,08
	KDA	24,37
	KDB	24,69
Ekološka reja	TAA	29,47
	TAB	29,23
	TBA	27,11
	TBB	26,79
	TCA	21,60
	TCB	21,57
	TDA	26,72
	TDB	26,07

Priloga C:

Osnovni statistični parametri za maščobnokislinsko sestavo jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v mesecu juniju (vzorčenje 2)(*n = 20)

Maščobna kislina	Način reje							
	Baterijska reja				Ekološka reja			
	POV	SO	MIN	MAX	POV	SO	MIN	MAX
14:0	228,89	17,39	202,31	267,07	206,90	15,94	180,66	238,07
14:1, n-5	53,13	8,10	43,28	66,87	47,14	9,74	34,46	63,69
16:0	14641,43	814,93	13142,45	16903,77	13887,05	700,73	12885,72	15389,16
16:1, n-7	2413,81	220,12	2134,28	2942,01	2163,16	243,36	1855,41	2641,56
17:0	80,59	5,89	70,49	91,82	111,86	15,42	83,88	136,03
17:1, n-7	77,99	7,50	67,58	94,72	105,37	12,07	89,51	133,41
18:0	4355,65	220,60	3973,10	4666,75	4378,44	305,88	3837,54	4955,51
18:1, n-9c ¹	23631,93	1229,64	21139,68	25663,75	21970,28	935,84	19939,53	23637,50
18:2, n-6c	7490,49	688,94	5935,77	8616,64	8749,61	860,70	7009,28	10116,21
18:3, n-6	59,69	12,99	45,80	86,10	47,91	11,69	33,38	76,57
18:3, n-3	200,39	26,68	149,59	236,22	541,45	126,51	405,00	860,65
20:1, n15 ²	132,73	18,87	109,72	164,30	142,90	16,73	114,50	174,01
20:2, n-6	97,99	13,52	75,77	118,09	115,56	14,54	94,14	145,60
20:3, n-6	82,47	11,38	62,41	100,22	86,80	19,38	67,18	146,51
20:4, n-6	1212,10	75,01	1087,37	1360,41	1062,12	56,33	946,30	1153,46
20:5, n-3	**	**	**	**	15,51	3,61	8,95	22,81
22:4, n6	122,41	23,31	84,72	168,93	107,63	9,82	84,18	122,78
22:5, n-3	66,24	16,22	46,70	108,20	118,63	30,59	82,35	183,37
22:6, n-3	522,26	47,10	456,53	649,77	876,03	93,07	723,73	1035,82
NMK	19384,45	1071,96	17441,23	22032,61	18751,64	1079,04	17087,46	20955,97
ENMK	26334,69	1488,66	23511,21	28963,16	24442,74	1233,92	22033,41	26688,13
VNMK	9906,45	923,33	7985,58	11514,96	11778,61	1247,20	9460,93	13951,12
n-3	788,89	90,00	652,81	994,19	1564,70	257,03	1226,47	2122,77
n-6	9065,16	825,13	7291,85	10450,40	10169,63	972,46	8234,46	11761,14
n-6:n-3	11,49	9,17	11,17	10,51	6,50	3,78	6,71	5,54

18:1, n-9c¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline; POV – srednja vrednost; SO – standardni odklon; MIN – najmanjša vrednost; MAX – največja vrednost

Priloga D:

Maščobnokislinska sestava jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših iz dveh načinov reje v različnih letnih časih (vzorčenje 1)(*n = 2)

Maščobne kisline	Jesen		Zima		Pomlad		Poletje	
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER
14:0	228,39 ± 18,95	214,38 ± 5,00	221,11 ± 26,96	190,96 ± 2,36	238,75 ± 11,60	261,93 ± 48,97	244,85 ± 4,07	223,63 ± 5,51
14:1, n-5	53,81 ± 5,22	49,40 ± 3,73	47,91 ± 3,45	30,08 ± 0,32	59,78 ± 4,75	56,14 ± 9,56	61,65 ± 1,10	48,29 ± 2,29
16:0	15368,54 ± 1227,74	14461,49 ± 102,58	15485,01 ± 1919,58	14297,10 ± 99,62	15782,55 ± 739,60	17714,90 ± 3236,71	14951,93 ± 227,48	15303,50 ± 402,60
16:1 n-7	2411,63 ± 188,47	2087,49 ± 22,15	2333,95 ± 283,70	1974,94 ± 19,55	2596,08 ± 123,63	2716,57 ± 493,06	2542,14 ± 45,01	2374,28 ± 63,64
17:0	90,16 ± 6,55	103,34 ± 2,76	93,80 ± 11,05	105,47 ± 1,05	88,17 ± 4,29	125,91 ± 26,28	79,40 ± 1,54	118,45 ± 3,12
17:1, n-7	80,21 ± 6,54	89,47 ± 0,48	87,62 ± 12,33	87,73 ± 0,16	85,63 ± 5,44	124,33 ± 24,62	79,96 ± 1,76	108,85 ± 3,60
18:0	4984,31 ± 427,21	4811,95 ± 45,84	4867,07 ± 603,41	4967,71 ± 38,27	4764 ± 232,19	5456,28 ± 984,65	4403,19 ± 65,69	4805,73 ± 115,58
18:1,n-9c ¹	29735,79 ± 4498,21	22470,63 ± 207,19	25364,20 ± 3070,28	23305,65 ± 88,48	25634,24 ± 1251,64	28747,79 ± 5221,81	25184,98 ± 413,39	24566,26 ± 625,95
18:2, n-6c	8301,23 ± 698,73	8999,69 ± 23,36	9118,27 ± 1148,68	9977,29 ± 111,55	8361,64 ± 392,36	10029,92 ± 1869,67	7317,61 ± 120,68	9472,57 ± 292,66
18:3, n-6	54,62 ± 4,36	49,15 ± 1,97	57,70 ± 7,41	46,19 ± 1,92	64,34 ± 6,46	49,39 ± 8,24	57,78 ± 1,25	54,33 ± 4,01
18:3, n-3	301,34 ± 25,41	454,49 ± 13,49	365,77 ± 44,62	329,47 ± 2,57	246,92 ± 8,37	603,05 ± 125,52	206,13 ± 2,05	506,61 ± 19,31
20:1,n15 ²	141,53 ± 12,48	185,00 ± 12,84	132,89 ± 13,91	126,78 ± 2,08	141,76 ± 7,61	154,51 ± 29,08	145,88 ± 9,51	148,29 ± 0,05
20:2, n-6	109,55 ± 14,89	142,19 ± 1,64	101,05 ± 11,99	108,89 ± 0,03	112,30 ± 10,43	125,15 ± 33,29	99,37 ± 1,91	116,18 ± 0,78
20:3, n-6	91,73 ± 7,62	88,35 ± 0,91	88,22 ± 8,75	75,45 ± 1,94	89,18 ± 5,29	93,12 ± 19,30	81,32 ± 1,97	82,97 ± 6,33
20:4, n-6	1346,34 ± 118,06	1181,35 ± 7,14	1292,63 ± 175,60	1252,79 ± 9,87	1328,03 ± 65,48	1346,14 ± 260,52	1228,73 ± 15,44	1218,05 ± 41,25
22:4, n6	121,48 ± 13,25	129,60 ± 8,90	106,37 ± 3,90	125,15 ± 1,10	145,36 ± 11,40	136,13 ± 29,33	113,20 ± 4,12	132,82 ± 0,26
22:5, n-3	78,33 ± 0,00	134,29 ± 0,97	75,64 ± 1,99	103,23 ± 6,74	88,98 ± 7,44	146,35 ± 35,27	60,55 ± 2,31	139,21 ± 14,60
22:6, n-3	695,08 ± 63,82	809,47 ± 24,86	906,50 ± 98,19	658,74 ± 2,26	634,99 ± 31,51	1064,21 ± 231,16	546,32 ± 5,19	879,48 ± 20,54
NMK	20754,91 ± 1688,34	19741,42 ± 189,35	20753,19 ± 2571,46	19658,06 ± 142,91	20963,76 ± 991,61	23722,27 ± 4327,08	19760,54 ± 299,68	20634,28 ± 529,49
ENMK	32445,06 ± 4284,69	24905,29 ± 247,29	27987,01 ± 3388,07	25541,60 ± 111,03	28539,14 ± 1392,12	31827,23 ± 5784,67	28035,74 ± 449,99	27270,55 ± 696,64
VNMK	11154,28 ± 942,82	12054,44 ± 30,92	12164,98 ± 1315,02	12719,09 ± 114,22	11136,33 ± 542,43	13666,66 ± 2641,11	9772,71 ± 152,19	12661,63 ± 401,45
n-3	1074,74 ± 89,23	1411,54 ± 56,16	1347,91 ± 51,59	1091,44 ± 1,91	970,89 ± 47,32	1813,60 ± 391,96	813,00 ± 9,55	1525,31 ± 54,45
n-6	10024,96 ± 856,91	10590,34 ± 27,81	10764,24 ± 1356,34	11585,75 ± 120,26	10100,85 ± 491,44	11779,85 ± 2220,35	8898,00 ± 137,12	11076,92 ± 344,77
n-6:n-3	9,33 ± 0,02	7,51 ± 0,32	8,01 ± 1,31	10,62 ± 0,13	10,40 ± 0,00	6,52 ± 0,18	10,94 ± 0,04	7,26 ± 0,03

18:1, n-9c¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; NMK - nasičene maščobne kisline; ENMK - enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK - večkrat nenasičene maščobne kisline; BR - baterijska reja; ER - ekološka reja; vrednosti maščobnih kislin so podane kot srednje vrednosti s standardnim odklonom

Priloga E:

Maščobnokislinska sestava jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših pri različnih vzorčenjih jajc v mesecu juniju

Maščobna kislina	Vzorčenje 1 (*n = 2)		Vzorčenje 2 (*n = 20)	
	Baterijska reja	Ekološka reja	Baterijska reja	Ekološka reja
14:0	244,85 ± 4,07	223,63 ± 5,51	228,89 ± 17,39	206,90 ± 15,94
14:1, n-5	61,65 ± 1,10	48,29 ± 2,29	53,13 ± 8,10	47,14 ± 9,74
16:0	14951,93 ± 227,48	15303,50 ± 402,60	14641,43 ± 814,93	13887,05 ± 700,73
16:1, n-7	2542,14 ± 45,01	2374,28 ± 63,64	2413,81 ± 220,12	2163,16 ± 243,36
17:0 a-iso	21,82 ± 0,13	57,34 ± 1,88	20,33 ± 3,63	54,73 ± 11,87
17:0	79,40 ± 1,54	118,45 ± 3,12	80,59 ± 5,89	111,86 ± 15,42
17:1, n-7	79,96 ± 1,76	108,85 ± 3,60	77,99 ± 7,50	105,37 ± 12,07
18:0	4403,19 ± 65,69	4805,73 ± 115,58	4355,65 ± 220,60	4378,44 ± 305,88
18:1, n-9c ¹	25184,98 ± 413,39	24566,26 ± 625,95	23631,93 ± 1229,64	21970,28 ± 935,84
18:2, n-6c	7317,61 ± 120,68	9472,57 ± 292,66	7490,49 ± 688,94	8749,61 ± 860,70
18:3, n-6	57,78 ± 1,25	54,33 ± 4,01	59,69 ± 12,99	47,91 ± 11,69
18:3, n-3	206,13 ± 2,05	506,61 ± 19,31	200,39 ± 26,68	541,45 ± 126,51
20:1, n15 ²	145,88 ± 9,51	148,29 ± 0,05	132,73 ± 18,87	142,90 ± 16,73
20:2, n-6	99,37 ± 1,91	116,18 ± 0,78	97,99 ± 13,52	115,56 ± 14,54
20:3, n-6	81,32 ± 1,97	82,97 ± 6,33	82,47 ± 11,38	86,80 ± 19,38
20:4, n-6	1228,73 ± 15,44	1218,05 ± 41,25	1212,10 ± 75,01	1062,12 ± 56,33
20:5, n-3	**	**	**	15,51 ± 3,61
22:4, n6	113,20 ± 4,12	132,82 ± 0,26	122,41 ± 23,31	107,63 ± 9,82
22:5, n-3	60,55 ± 2,31	139,21 ± 14,60	66,24 ± 16,22	118,63 ± 30,59
22:6, n-3	546,32 ± 5,19	879,48 ± 20,54	522,26 ± 47,10	876,03 ± 93,07
NMK	19760,54 ± 299,68	20634,28 ± 529,49	19384,4 ± 1072,0	18751,6 ± 1079,0
ENMK	28035,74 ± 449,99	27270,55 ± 696,64	26334,7 ± 1488,7	24442,7 ± 1233,9
VNMK	9772,71 ± 152,19	12661,63 ± 401,45	9906,5 ± 923,3	11778,6 ± 1247,2
n-3	813,00 ± 9,55	1525,31 ± 54,45	788,9 ± 90,0	1564,7 ± 257,0
n-6	8898,00 ± 137,12	11076,92 ± 344,77	9065,2 ± 825,1	10169,6 ± 972,5
n-6:n-3	10,94 ± 0,04	7,26 ± 0,03	11,5 ± 9,2	6,5 ± 3,8

18:1, n-9c ¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15 ² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9; * - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline; vrednosti maščobnih kislin so podane kot srednje vrednosti s standardnim odklonom

Priloga F:

Srednje vrednosti s standardnim odklonom in statistična značilnost razlik med načinoma reje v maščobnokislinski sestavi jajca (mg maščobne kisline/100 g SS) pri prelux-G kokoših v mesecu juniju (vzorčenje 2) določena z wilcoxonovim testom vsote rangov (*n = 20)

Maščobna kislina	Povprečje ± SO		Povprečni rang		p – vrednost
	Baterijska reja	Ekološka reja	Baterijska reja	Ekološka reja	
14:0	228,89 ± 17,39	206,90 ± 15,94	26,85	14,15	0,0007
14:1, n-5	53,13 ± 8,10	47,14 ± 9,74	25,10	15,90	0,0134
16:0	14641,43 ± 814,93	13887,05 ± 700,73	25,65	15,30	0,0039
16:1, n-7	2413,81 ± 220,12	2163,16 ± 243,36	26,35	14,65	0,0012
17:0 a-iso	20,33 ± 3,63	54,73 ± 11,87	10,50	30,50	<,0001
17:0	80,59 ± 5,89	111,86 ± 15,42	11,05	29,95	<,0001
17:1, n-7	77,99 ± 7,50	105,37 ± 12,07	10,80	30,20	<,0001
18:0	4355,65 ± 220,60	4378,44 ± 305,88	20,85	20,15	0,8592
18:1, n-9c ¹	23631,93 ± 1229,64	21970,28 ± 935,84	27,75	13,25	0,0001
18:2, n-6c	7490,49 ± 688,94	8749,61 ± 860,70	13,00	28,00	0,0001
18:3, n-6	59,69 ± 12,99	47,91 ± 11,69	26,75	14,25	0,0003
18:3, n-3	200,39 ± 26,68	541,45 ± 126,51	10,50	30,50	<,0001
20:1, n15 ²	132,73 ± 18,87	142,90 ± 16,73	17,05	23,95	0,0629
20:2, n-6	97,99 ± 13,52	115,56 ± 14,54	14,65	26,35	0,0008
20:3, n-6	82,47 ± 11,38	86,80 ± 19,38	20,90	20,10	0,8418
20:4, n-6	1212,10 ± 75,01	1062,12 ± 56,33	29,25	11,75	<,0001
20:5, n-3	**	15,51 ± 3,61	10,50	30,50	<,0001
22:4, n6	122,41 ± 23,31	107,63 ± 9,82	24,50	16,50	0,0281
22:5, n-3	66,24 ± 16,22	118,63 ± 30,59	11,30	29,70	<,0001
22:6, n-3	522,26 ± 47,10	876,03 ± 93,07	10,50	30,50	<,0001
NMK	19384,4 ± 1072,0	18751,6 ± 1079,0	24,65	16,35	0,0263
ENMK	26334,7 ± 1488,7	24442,7 ± 1233,9	28,40	12,60	<,0001
VNMK	9906,5 ± 923,3	11778,6 ± 1247,2	12,45	28,55	<,0001
n-3	788,9 ± 90,0	1564,7 ± 257,0	13,65	27,35	<,0001
n-6	9065,2 ± 825,1	10169,6 ± 972,5	10,50	30,50	<,0001
n-6:n-3	11,5 ± 9,2	6,5 ± 3,8	30,50	10,50	<,0001

18:1, n-9c ¹ - 18:1, n-9c, 18:1, n-9t, 18:1, n-12t, 18:1 n-7c; 20:1, n15 ² - 20:1, n15, 20:1, n12, 20:1, n-9;

* - število meritev v posameznem načinu reje; ** - pod mejo detekcije pri danih pogojih, SO – standardni odklon; NMK – nasičene maščobne kisline; ENMK – enkrat nenasičene maščobne kisline; VNMK – večkrat nenasičene maščobne kisline

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Anita JANIŠ TANDLER

**VSEBNOST HOLESTEROLA IN
MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJC KOKOŠI
PRELUX-G IZ BATERIJSKE IN EKOLOŠKE REJE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016