

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Daša HODŽAR

**VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH PRELUX
NESNIC**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Daša HODŽAR

VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH PRELUX NESNIC

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**CHOLESTEROL CONTENT IN EGGS PRODUCED BY THE
PRELUX HENS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2015

S tem diplomskim delom končujem Univerzitetni študij kmetijstva – zootehniko. Opravljeno je bilo na Katedri za znanost o rejah živali Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kemijske analize so bile opravljene v laboratoriju Katedre za prehrano Oddelka za zootehniko.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorico diplomskega dela imenovala prof. dr. Antonijo Holcman in za somentorico asist. dr. Alenko Levart.

Recenzent: doc. dr. Dušan Terčič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Andrej LAVRENČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Članica: prof. dr. Antonija HOLCMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Članica: asist. dr. Alenka LEVART
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 pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Daša Hodžar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 636.5:637.4(043.2)=163.6
KG perutnina/kokoši/nesnice/križanke/jajca/holesterol
KK AGRIS L01/6100/9610
AV HODŽAR, Daša
SA HOLCMAN, Antonija (mentorica)/LEVART, Alenka (somentorica)
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI 2015
IN VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH PRELUX NESNIC
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP VII, 51 str., 18 pregl., 4 sl., 2 pril., 65 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V poskusu smo določili vsebnost holesterola v rumenjaku jajc slovenskih komercialnih križank prelux (prelux-G, prelux-Č in prelux-R). V času zbiranja jajc so bile kokoši stare 50 tednov. Nahajale so se v kurnici brez oken, v talni reji, kjer so vseskozi imele na voljo enako krmno mešanico. Vsebnost holesterola v rumenjaku smo določili s spektrofotometrično metodo z železovim(III) kloridom. Vsebnosti holesterola v jajčnem rumenjaku so bile $11,38 \pm 0,79$ mg/g svežega rumenjaka, $11,17 \pm 0,93$ mg/g svežega rumenjaka ter $10,85 \pm 1,01$ mg/g svežega rumenjaka pri prelux-Č, prelux-G in prelux-R. Statistična analiza ni pokazala značilnih ($P > 0,05$) razlik v vsebnosti holesterola jajčnega rumenjaka med tremi križankami prelux. Dobljene podatke iz poskusa smo primerjali s podatki iz diplomske naloge Tavčar (2009), ki je proučevala vsebnost holesterola v rumenjakih jajc slovenskih lokalnih pasem kokoši. Genotip je vplival ($P < 0,0001$) na vsebnost holesterola v jajčnem rumenjaku pri čemer je bila slednja večja pri slovenskih lokalnih pasmah kokoši kot pri križankah prelux.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ŠD Dn
DC UDC 636.5:637.4(043.2)=163.6
CX poultry/laying hens/hybrids/eggs/cholesterol
CC AGRIS L01/6100/9610
AU HODŽAR, Daša
AA HOLCMAN, Antonija (supervisor)/LEVART, Alenka (co-supervisor)
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Faculty Department of Animal Science
PY 2015
TI CHOLESTEROL CONTENT IN EGGS PRODUCED BY THE PRELUX HENS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO VII, 51 p., 18 tab., 4 fig., 2 ann., 65 ref.
LA sl
AL sl/en
AB A trial was done to study the cholesterol content in egg yolk of laying hens belonging to three Slovenian commercial hybrid hens (Prelux-G, Prelux-Č and Prelux-R). The age of the flocks at the time of egg collection was 50 weeks. All birds were reared in a windowless house on deep litter system and were fed the same feed *ad libitum*. Cholesterol content in yolk was determined by the spectrophotometric method with iron(III) chloride. The egg yolk cholesterol concentrations were 11.38 ± 0.79 mg/g fresh yolk, 11.17 ± 0.93 mg/g fresh yolk and 10.85 ± 1.01 mg/g fresh yolk for Prelux-Č, Prelux-G and Prelux-R, respectively. Statistical analysis showed no significant ($P > 0.05$) differences in the egg yolk cholesterol content between three Prelux hybrids. Results obtained in the present study were compared with results obtained in the study of Tavčar (2009) who studied the cholesterol content in egg yolks from Slovenian local chicken breeds. Genotype affected egg yolk cholesterol, which was higher ($P < 0.0001$) in Slovenian local breeds than in Prelux hybrids.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Kazalo prilog	VII
Okrajšave in simboli	VII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PREHRANSKA VREDNOST JAJC	3
2.2 HOLESTEROL	5
2.2.1 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu	7
2.2.2 Holesterol v jajcih in njegov vpliv na zdravje ljudi	14
2.3 VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH RAZLIČNIH KRIŽANK, PASEM IN LINIJ	17
2.4 PRELUX KOKOŠI NESNICE	20
2.4.1 Prelux–R	20
2.4.2 Prelux–G	20
2.4.3 Prelux–Č	21
3 MATERIAL IN METODE DE LA	22
3.1 MATERIAL	22
3.2 METODE DE LA	22
3.2.1 Priprava vzorca in liofiliziranje rumenjakov	22
3.2.2 Priprava barvnega reagenta	23
3.2.3 Ekstrakcija holesterola	23
3.2.4 Priprava standardnih raztopin za umeritveno premico	23
3.2.5 Priprava raztopin za spektrofotometrično meritev	23
3.2.6 Spektrofotometrična meritev – določitev holesterola v filtratu	24
3.2.7 Določitev sušine v rumenjakih	24
3.2.8 Pravilnost in natančnost metode	24
3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	25
4 REZULTATI	27
4.1 MASA JAJCA, BELJAKA, RUMENJAKA IN JAJČNE VSEBINE	27
4.2 VSEBNOST SUHE SNOVI	28
4.3 VSEBNOST HOLESTEROLA	30
4.4 VIRI VARIABILNOSTI V VSEBNOSTI HOLESTEROLA	31
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	34
5.1 RAZPRAVA	34
5.2 SKLEPI	41
6 POVZETEK	43
7 VIRI	44
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Sestava kokošnjega jajca, težkega 60 g, brez lupine (Holcman in sod., 2014)	3
Preglednica 2:	Vsebnost vitaminov v jajcu težkem 50 g (Agricultural Research ... , 2015)	4
Preglednica 3:	Vsebnost mineralov v jajcu težkem 50 g (Agricultural Research... , 2015)	5
Preglednica 4:	Vsebnost holesterola v jajcih različnih vrst perutnine	8
Preglednica 5:	Vpliv dodatka črne kumine v obrok na maščobno sestavo jajčnega rumenjaka (El Bagir in sod., 2006)	12
Preglednica 6:	Vsebnost holesterola v rumenjaku jajc ISA brown nesnic, rejenih v različnih načinih reje (Zemková in sod., 2007)	13
Preglednica 7:	Vsebnost holesterola v jajcih štajerske kokoši in ISA brown kokoši (Simčič in sod., 2009)	18
Preglednica 8:	Osnovni statistični parametri za maso jajc in posamezne sestavne dele jajc pri prelux nesnicah	27
Preglednica 9:	Povprečni deleži sestavnih delov jajca (%) pri prelux nesnicah (*n = 12)	28
Preglednica 10:	Vsebnost suhe snovi in osnovni statistični parametri (g SS/kg svežega rumenjaka) pri prelux nesnicah	29
Preglednica 11:	Vsebnosti holesterola v jajcih prelux nesnic, izražene na različne načine (n = 12)*	30
Preglednica 12:	Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g svežega rumenjaka) v jajcih nesnic prelux (n = 12)*	31
Preglednica 13:	Srednje vrednosti po metodi najmanjših kvadratov s standardnimi napakami ocen za proizvodni tip kokoši (mg holesterola/g svežega rumenjaka)	31
Preglednica 14:	Srednje vrednosti po metodi najmanjših kvadratov s standardnimi napakami ocen za slovenske lokalne pasme kokoši in križanke prelux (mg holesterola/g svežega rumenjaka)	32
Preglednica 15:	Ocene srednjih vrednosti s standardnimi napakami ocen ter statistična značilnost razlik v vsebnosti holesterola v jajcih (mg/g svežega rumenjaka) med različnimi genotipi kokoši	33
Preglednica 16:	Mase jajc in mase posameznih delov jajc slovenskih lokalnih pasem kokoši in prelux nesnic (n = 12)*	35
Preglednica 17:	Vsebnosti holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši in prelux nesnic (n=12)*	36
Preglednica 18:	Vsebnost holesterola v jajcih različnih pasem kokoši in križank	40

KAZALO SLIK

Slika 1:	Struktura holesterola (Boyer, 2005: 219)	5
Slika 2:	Razlika v vsebnosti holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši in križank prelux	37
Slika 3:	Vpliv genotipa na vsebnost holesterola v jajcih	38
Slika 4:	Vpliv proizvodnega tipa kokoši na vsebnost holesterola v jajcih	39

KAZALO PRILOG

Priloga A:	Vsebnost holesterola v jajcih križank prelux
Priloga B:	Legenda laboratorijskih številc jajc

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Prelux-R	rjava prelux nesnica
Prelux-G	grahasta prelux nesnica
Prelux-Č	črna prelux nesnica
ŠK	štajerska kokoš
S	slovenska srebrna kokoš
G	slovenska grahasta kokoš
R	slovenska rjava kokoš
ZO	slovenska zgodaj operjena kokoš
PO	slovenska pozno operjena kokoš
SS	suha snov
ZSS	zračno suha snov

1 UVOD

Jajca vsebujejo v povprečju 31 % rumenjaka, 58 % beljaka ter 11 % lupine (Holcman in sod., 2014). Rumenjak vsebuje hranila visokih bioloških vrednosti, s čimer zadosti potrebe zarodka. Jajce je tudi odlična hrana za ljudi in dobro uporabljena surovina tako v kulinarični kot v farmacevtski ter kozmetični industriji. Vsebuje približno 50 % vode, preostali del so večinoma lipidi in beljakovine. Lipidi rumenjaka so sestavljeni iz triacilglicerolov (65 %), fosfolipidov (33 %) ter holesterola (5 %) (Johansson, 2010).

Glavni vir prehrabnega holesterola so jajca, meso ter mlečni izdelki. Jajce težko 50 g vsebuje približno 215 mg holesterola (McNamara, 2005). Zaradi velike vsebnosti holesterola v jajcu in njegove povezave z obolenji srca in ožilja so strokovnjaki American Heart Association (AHA) priporočali omejevanje dnevnega vnosa prehrabnega holesterola na manj kot 300 mg (McNamara, 2005; Lichtenstein in sod., 2006; McNamara in Thesmar, 2005). Takrat je veljalo prepričanje, da je prehrabni holesterol enak krvnemu holesterolu. Danes večina raziskav kaže, da so glavni dejavniki, ki vplivajo na nivo holesterola v krvi nasičene maščobe in ne holesterol iz hrane (McNamara in Thesmar, 2005). Raziskave znotraj zdrave populacije niso pokazale povezave med uživanjem jajca ter povečano vsebnostjo holesterola v krvi oziroma boleznimi srca in ožilja (Rong in sod., 2013; McNamara in Thesmar, 2005; Kanter in sod., 2012; Qureshi in sod., 2007).

Na vsebnost holesterola je po mnenju Champe in sod. (2008, cit. po Johansson, 2010) težje vplivati zaradi njegove povezave s pomembnimi telesnimi funkcijami ter razvojem zarodka. Različni avtorji navajajo, da lahko vrsta perutnine (McNamara in Thesmar, 2005; Kaźmierska in sod., 2005; Golzar Adabi in sod., 2013), način reje (Minelli in sod., 2007; Anderson, 2011; Zemková in sod., 2007), prehrana (Yin in sod., 2008; Aydin in sod., 2008; El Bagir in sod., 2006) ter starost kokoši (Basmacıoglu in sod., 2003; Hussein in sod., 2012; Johansson, 2010) vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu.

Na oddelku za zootehniko izvajajo selekcijsko delo na slovenskih tradicionalnih pasmah kokoši in njihovih križankah prelux. Križanke so namreč potomke križanja slovenskih tradicionalnih pasem lahkega tipa in sicer slovenske srebrne kokoši, slovenske grahaste

kokoši ter slovenske rjave kokoši. Moderne križanke v različnih načinih reje (baterijska reja, talna reja, pašna reja) imajo boljše proizvodne rezultate kot čistopasemske oziroma čistolinijske kokoši (Holcman in sod., 2014). V letu 2011 smo pri navedenih križankah prelux, ki so bile približno enake starosti in so bile krmljene z enako krmno mešanico, odvzeli vzorce dvanajstih jajc po posamezni križanki z namenom določitve vsebnosti holesterola v rumenjakih. Doslej so določili vsebnost holesterola v jajcih D(+) in D(-) kokoši (Intihar, 2006) ter slovenske pitovne kokoši, štajerske kokoši, slovenske grahaste kokoši, slovenske srebrne kokoši, slovenske rjave kokoši, slovenske zgodaj operjene kokoši in slovenske pozno operjene kokoši (Tavčar, 2009).

V diplomski nalogi smo določili vsebnost holesterola v jajcih treh slovenskih komercialnih križank in sicer prelux rjave, prelux črne ter prelux grahaste. Namen naloge je bil določiti vsebnost holesterola v jajcih slovenskih komercialnih križank in te rezultate primerjati z vsebnostjo holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PREHRANSKA VREDNOST JAJC

Jajca predstavljajo vir visoko kakovostnih beljakovin in drugih pomembnih hranil. Z leti so postala pomembna sestavina pri pripravi hrane zaradi lastnosti penjenja, zadrževanja vode in kot emulgator (McNamara in Thesmar, 2005). V povprečju je jajce sestavljeno iz 11 % lupine, 58 % beljaka ter 31 % rumenjaka. Energijska vrednost jajca (preglednica 1) znaša okoli 350 kJ, od tega približno 80 % pripada rumenjaku. Jajčne maščobe so lahko prebavljive in jih najdemo samo v rumenjaku, medtem ko je ogljikovih hidratov zelo malo. Jajce je dober vir esencialnih maščobnih kislin. Vsebuje od 12 do 13 % kakovostnih beljakovin s popolno aminokislinsko sestavo, zaradi česar so jajčne beljakovine uporabne kot standard za merjenje prehranske kakovosti drugih beljakovinskih živil (Holcman in sod., 2014).

Preglednica 1: Sestava kokošnjega jajca, težkega 60 g, brez lupine (Holcman in sod., 2014)

	Jajčna vsebina	Beljak	Rumenjak
Voda (%)	75,5	88,0	48,2
Beljakovine (%)	12,8 – 13,4	9,7 – 10,6	15,7 – 16,6
Maščobe (%)	10,5 – 11,8	0,03	31,8 – 35,5
Ogljikovi hidrati (%)	0,3 – 1,0	0,4 – 0,9	0,2 – 1,0
Pepel (%)	0,8 – 1,0	0,5 – 0,6	1,1
Energijska vrednost (kJ / jajce)	350	79	271

Jajca vsebujejo vse esencialne vitamine razen vitamina C, saj ga razvijajoči se zarodek sam proizvaja. Rumenjak vsebuje (preglednica 2) vse v maščobah topne vitamine (A, D, E, K) in večino v vodi topnih vitaminov (B – kompleks). Samo riboflavin in niacin sta vitamina, ki se v večji meri nahajata v beljaku (McNamara in Thesmar, 2005). So najboljši vir vitamina D takoj za ribjim oljem (Holcman in sod., 2014). Vsebnost vitamina E v jajcu se lahko poveča do desetkrat, odvisno od prehrane nesnic (McNamara in Thesmar, 2005).

Preglednica 2: Vsebnost vitaminov v jajcu težkem 50 g (National ... , 2015)

Vitaminski	Jajčna vsebina	Beljak	Rumenjak
Tiamin (mg)	0,02	0,001	0,030
Riboflavin (mg)	0,228	0,145	0,09
Niacin (mg)	0,038	0,035	0,004
Vitamin B-6 (mg)	0,085	0,002	0,059
Folati, DFE (μg)	24	1,0	25
Vitamin B-12 (μg)	0,44	0,03	0,33
Vitamin A, RAE (IU)	80	0,0	65
Vitamin A, IU (mg)	270	0,0	245
Vitamin E (μg)	0,52	0,0	0,44
Vitamin D (D2+D3) (IU)	1,0	0,0	0,9
Vitamin D (μg)	41	0,0	37
Vitamin K (μg)	0,2	0,0	0,1

Jajčna vsebina tehta 50 g, od tega je masa beljaka 33 g in masa rumenjaka 17 g. Vsi deli jajca so surovi in neobdelani.

Jajce je zaradi vsebnosti holina v rumenjaku (125 mg holina/50 g jajca) pomembno živilo tudi med nosečnostjo in v času dojenja, ko so potrebe po holinu povečane. Raziskave so pokazale, da ima pomembno vlogo v razvoju možganov, predvsem v obdobju fetalne rasti in pri novorojenčkih, ko se razvija center za spomin (McNamara in Thesmar, 2005). Holin je pomembna komponenta celičnih membran ter ima pomembno vlogo v presnovi in normalnem delovanju celic (Hollenbeck, 2010).

Jajce vsebuje v majhnih količinah vse nujno potrebne minerale za življenje (preglednica 3), kot so kalcij, železo, magnezij, fosfor, kalij, natrij, cink, baker, magnezij in selen. Količino slednjega v jajcu lahko s prehrano povečamo tudi do devetkrat. V rumenjaku je tudi jod (25 μg/50 g jajce), katerega količino lahko s prehrano povečamo tudi dva do tri krat. Med pomembnejšimi minerali je železo, ki se nahaja v rumenjaku. Raziskave so pokazale boljše stanje železa v krvi novorojenčkov, starih 6 do 12 mesecev, ki so imeli v prehrano vključeno jajce, od tistih, ki tega niso imeli (McNamara in Thesmar, 2005).

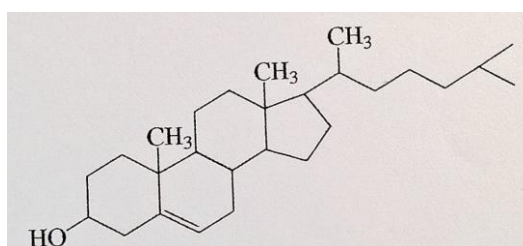
Preglednica 3: Vsebnost mineralov v jajcu težkem 50 g (National... , 2015)

Minerali	Jajčna vsebina	Beljak	Rumenjak
Kalcij (mg)	28	2	22
Železo (mg)	0,88	0,03	0,46
Magnezij (mg)	6,0	4	1
Fosfor (mg)	99	5	66
Kalij (mg)	69	54	19
Natrij (mg)	71	55	8
Cink (mg)	0,64	0,01	0,39
Baker (mg)	0,05	0,01	0,01
Magnezij (mg)	0,02	< 0,01	0,01
Selen (mg)	15,85	6,60	9,52

Jajčna vsebina tehta 50 g, od tega je masa beljaka 33 g in masa rumenjaka 17 g. Vsi deli jajca so surovi in neobdelani.

2.2 HOLESTEROL

Jajca igrajo pomembno vlogo v prehrani ljudi. Predstavljajo pomemben vir prehrabnega holesterola, kateri po mnenju porabnikov vodi do srčno-žilnih obolenj (Bragagnolo in Rodriguez-Amaya, 2003). Holesterol je nenasičeni policiklični alkohol s formulo $C_{27}H_{45}OH$ (Holesterol, 2007), slika 1 (Boyer, 2005).



Slika 1: Struktura holesterola (Boyer, 2005: 219)

Je najverjetneje najbolj poznani in v vodi slabo topen sterol, ki ga najdemo samo v živalskih celicah (Smolin in Grosvenor, 2008). Telo dobi holesterol tako endogeno s sintezo holesterola v telesnih celicah (največ v jetrih) kot eksogeno s prehrano (Smolin in

Grosvenor, 2008; Arnold in Kwiterovich, 2003). V človeškem telesu nastane okoli gram holesterola na dan, od tega največ v jetrih (80 %). V hrani ga najdemo v različnih živalskih maščobah, možganih, jetrih, maslu, siru, jajcu in ostrigah (Holcman in sod., 2004). Je potreben za telo, saj se ga več kot 90 % nahaja v celičnih membranah. Prav tako je del mielina, kot plast na mnogih živčnih celicah. Pomemben je za sintezo vitamina D v koži, žolčnih kislin kot sestavnega dela žolča ter kortizola, ki spodbuja sintezo glukoze v jetrih. Potreben je tudi za tvorbo hormonov testosterona in estrogena (Smolin in Grosvenor, 2008).

Da lahko holesterol in trigliceridi potujejo po krvni plazmi, v kateri so netopni, morajo tvoriti kompleks s posebnimi beljakovinami, imenovanimi lipoproteini. Poznamo pet vrst plazemskih lipoproteinov z različno gostoto lipidov in deležem beljakovin (Laker, 2005).

Hilomikroni imajo najmanjšo gostoto. Razumemo jih lahko kot maščobne kapljice, sestavljene iz 98 do 99 % lipidov in obdane s plastjo beljakovin in polarnih lipidov (Boyer, 2005). Nastajajo v tankem črevesu, od koder se s hrano vnesene maščobne kisline prenašajo neposredno v jetra in periferna tkiva. Tam jih telo uporabi ali shrani kot gorivo (Laker, 2005).

Lipoproteini zelo majhne gostote (VLDL) nastanejo iz holesterola, holesterolnih estrov, triacilglicerolov, fosfolipidov ter ustreznih apolipoproteinov (Boyer, 2005). Iz jeter prenašajo presežne maščobne kisline v maščobno tkivo. Tam se proste maščobne kisline sprostijo in shranijo v maščobnih celicah (Laker, 2005).

Lipoproteini srednje gostote (IDL) nastanejo v krvi po sprostitvi prostih maščobnih kislin iz lipoproteinov z zelo majhno gostoto. V jetrih se pretvorijo v LDL, v lipoproteine majhne gostote (Laker, 2005).

Lipoproteini majhne gostote (LDL) nastanejo v krvi iz lipoproteinov zelo majhne gostote (Boyer, 2005). So glavni prenašalci holesterola, katerega iz jeter prenašajo do perifernih tkiv, presežek pa se nato vrača nazaj v jetra (Laker, 2005).

Lipoproteini velike gostote (HDL) imajo največjo vsebnost beljakovin (55 %), od lipidov pa prevladujejo holesterol in holesterolni estri. Imenujemo ga tudi "dobri" holesterol, saj poteka proces obratnega prenosa holesterola kot pri LDL (Boyer, 2005). Holesterol iz celičnih membran perifernih tkiv zbirajo ter ga prenašajo nazaj v jetra (Laker, 2005). V jetrih se holesterol razgradi v žolčne kisline (Holcman in sod., 2004).

Boyer (2005) ter Holcman in sod. (2004) navajajo, da se z zaužitjem večje količine holesterola iz prehrane, zmanjša hitrost sinteze holesterola v telesu (v jetrih) in obratno. Normalna koncentracija holesterola v krvi je 150 do 200 mg/100 ml. Pri povečani količini holesterola v krvi, se ta začne kopičiti kot obloge v krvnih žilah. To sproži motnje v pretoku krvi in delovanju srca, kar lahko vodi v aterosklerozo (zatrditve arterij). Ta bolezen je bila pogostejša pri ljudeh, ki so imeli povečano koncentracijo LDL holesterola v primerjavi s HDL holesterolom (Boyer, 2005).

2.2.1 Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu

Holesterol v telesu je v tesni povezavi s pomembnimi telesnimi funkcijami in razvojem zarodka, zato naj bi bilo z njim po mnenju Champe in sod. (2008, cit. po Johansson, 2010) težje manipulirati. Največji vpliv na nivo holesterola v organizmu perutnine ima lastna sinteza holesterola v telesu. Mesto sinteze holesterola v telesu in sama sinteza pa sta odvisni od vrste, starosti in prehrane perutnine. Približno dve tretjini holesterola se sintetizira v jetrih, 25 % v telesu ter 6 % v prebavilih in koži (Aquino in Silva, 2010).

Vrsta perutnine

V prehrani ljudi so najpogosteje v uporabi kokošja jajca, jajca prepelic in noja pa se v večini uporablja v gurmanske namene. Jajca ostalih vrst perutnine (pure, race, gosi in fazana) se uporabljajo predvsem kot valilna, z namenom prireje mesa. Zaradi možnosti okužbe s salmonelo se je močno zmanjšala poraba račjih jajc (Belyavin, 2003). Različni avtorji navajajo različne vsebnosti holesterola v jajcih posameznih vrst perutnine (preglednica 4).

McNamara in Thesmar (2005) navajata, da povprečno težko (9 g) prepeličje jajce vsebuje 844 mg holesterola/100 g jajca, kar je dvakrat več kot kokošje jajce (povprečno težko 50 g), ki vsebuje 423 mg holesterola/100 g jajca. Račje jajce težko 70 g vsebuje 554 mg holesterola/100 g jajca, jajce pure težko 79 g vsebuje 933 mg holesterola/100 g jajca ter gosje jajce težko 144 g vsebuje 852 mg holesterola/100 g jajca. Avtorja ugotavljata, da imajo jajca komercialnih kokoši nesnic manjšo vsebnost holesterola kot jajca divje kokoši zaradi dolgotrajne selekcije na boljše izkoriščanje krme in večjo nesnost (preglednica 4).

Preglednica 4: Vsebnost holesterola v jajcih različnih vrst perutnine

Vrsta perutnine	mg holesterola/g rumenjaka						mg holesterola /100 g jajca
	1	2	3	4	5	6	
Kokoš	13,91	12,25	7,65 ± 0,28	12,0	/	/	423
Raca	10,81	15,81	10,36 ± 0,94	/	/	/	554
Prepelica	7,78	11,2	16,05 ± 0,63	12,1 ± 0,7	/	/	844
Noj	16,29	9,75	/	/	12,70 ± 1,47	11,36 ± 0,35	/
Fazan	6,82	/	/	/	/	/	/
Pura	/	13,35	/	/	/	/	933
Goska	/	/	/	/	/	/	852

1 – Kaźmierska in sod. (2005) 2 – Golzar Adabi in sod. (2013) 3 – Aziz in sod. (2012) 4 – Bragagnolo in Rodriguez-Amaya D. B. (2003) 5 - Aquino in Silva (2010) 6 - Selvan in sod. (2014) 7 – McNamara in Thesmar (2005)

Kaźmierska in sod. (2005) so določali vsebnost holesterola v jajcih različnih vrst perutnine (kokoši, prepelice, fazana, noja in race) iz pašne reje. Najmanjšo vsebnost holesterola so imela jajca fazana (6,82 mg/g rumenjaka). Po vsebnosti holesterola v rumenjaku so sledila jajca prepelice (7,78 mg/g rumenjaka), race (10,81 mg/g rumenjaka) ter kokoši (13,91 mg/g rumenjaka) (preglednica 4). Največjo vsebnost holesterola so imela nojeva jajca (16,29 mg/g rumenjaka), medtem, ko Aquino in Silva (2010) ter Selvan in sod. (2014) navajajo manjše vsebnosti holesterola v rumenjaku nojevih jajc (12,70 ± 1,47 mg/g rumenjaka in 11,36 ± 0,35 mg/g rumenjaka) (preglednica 4).

Golzar Adabi in sod. (2013) so določali vsebnost holesterola v jajcih kokoši leghorn, japonskih prepelic, belih gosi, iranske linije pur in črnovratega noja. Najmanjšo vsebnost holesterola so imela jajca noja (9,75 mg/g rumenjaka), največjo pa jajca race (15,81 mg/g rumenjaka). Purja jajca so imela 13,35 mg holesterola/g rumenjaka. Prepeličja in kokošja jajca so imela podobne vsebnosti holesterola (11,2 mg/g rumenjaka in 12,25 mg/g rumenjaka) (preglednica 4). Tudi Bragagnolo in Rodriguez-Amaya (2003) navajata podobne vrednosti holesterola v jajcih kokoši (brazilian chicken) in prepelic (12,0 mg/g rumenjaka in $12,1 \pm 0,7$ mg/g rumenjaka) (preglednica 4).

Aziz in sod. (2012) so proučevali vsebnost holesterola v jajcih kokoši (gramasree chicken), race (kuttanad ducks) in japonske prepelice. Največjo vsebnost holesterola so imela prepeličja jajca ($16,05 \pm 0,63$ mg/g rumenjaka), najmanjšo pa jajca kokoši ($7,65 \pm 0,28$ mg/g rumenjaka). Račja jajca so vsebovala $10,36 \pm 0,94$ mg holesterola/g rumenjaka (preglednica 4).

Način reje

Minelli in sod. (2007) so proučevali vpliv baterijske oziroma ekološke reje na vsebnost holesterola v jajcih rjavih nesnic hyline. Jajca so bila zbrana na začetku (28 do 32 tednov starosti), v sredini (47 do 50 tednov starosti) in na koncu (70 do 73 tednov starosti) nesnega obdobja. Nesnice v baterijski reji so bile krmljene s popolno krmno mešanico za nesnice, nesnice v ekološki reji pa z ekološko krmo. Rezultat poskusa je pokazal značilno ($P < 0,01$) večjo vsebnost holesterola v jajcih ekološke reje (1,26 % rumenjaka) v primerjavi z jajci iz baterijske reje (1,21 % rumenjaka). Tudi Anderson (2011) je v poskusu ugotavljal vpliv baterijske in pašne reje na vsebnost holesterola v jajcih rjavih nesnic hyline. Nesnice so razdelili v šest skupin, po tri skupine iz vsake reje, skupaj 441 nesnic. Vse nesnice so bile izvaljene hkrati in bile deležne enakih pogojev reje (cepljenje, način osvetlitve, prehrana), z izjemo dostopa do paše, kjer ni bilo značilnih razlik v prehranski vrednosti zimske in poletne paše. Avtor ugotavlja, da ni bilo značilnih razlik v vsebnosti holesterola v rumenjaku med nesnicami iz baterijske reje (163,42 mg/50 g jajca) in nesnicami iz pašne reje (165,38 mg/50 g jajca).

Vpliv načina reje (klasične kletke, obogatene baterijske kletke, talna reja in pašna reja) na vsebnost holesterola v jajcu so proučevali Zemková in sod. (2007). V poskus so vključili 322 ISA brown nesnic. V klasičnih kletkah je bilo nameščenih 196 nesnic (550 cm²/nesnico), 80 nesnic v obogatenih baterijskih kletkah (750 cm²/nesnico), 34 nesnic v talni reji (17 nesnic/4 m²) ter 12 nesnic v pašni reji (5 m² površine z nastilom in 10 m² pašne površine). Zbrali so 300 jajc pri različnih starostih nesnic (39, 50, 59, 68 in 75 tednov starosti). Rezultati so pokazali, da način reje značilno vpliva ($P \leq 0,01$) na vsebnost holesterola v rumenjaku oziroma jajčni vsebini. Najmanjšo povprečno vsebnost holesterola so imela jajca nesnic iz obogatenih kletk (12,5 mg/g rumenjaka oziroma 211,2 mg/jajce), največjo pa iz talne reje (14,1 mg/g rumenjaka oziroma 242,6 mg/jajce). Jajca iz klasičnih kletk so imela povprečno vrednost holesterola 13,3 mg/g rumenjaka (oziroma 231,2 mg/jajce) ter jajca iz pašne reje 13,4 mg holesterola/g rumenjaka (oziroma 228,5 mg/jajce). Nasprotno je pokazal poskus Basmacıoglu in Ergül (2005), ki sta prav tako ugotavljala vpliv reje na vsebnost holesterola v jajcih 400 belih nesnic babcock-300 in 440 rjavih nesnic ISA brown. Jajca iz baterijske reje so vsebovala značilno več holesterola ($13,72 \pm 0,064$ mg/g rumenjaka) kot jajca kokoši v talni reji ($13,36 \pm 0,064$ mg/g rumenjaka).

Krawczyk in sod. (2011) so proučevali vpliv talne in pašne reje na vsebnost holesterola v jajcih avtohtonih poljskih nesnic greenleg partidge (Z11) in yellowleg partridge (Z33). Za vsako pasmo je bilo po 120 nesnic. Pri starosti 18 tednov so jih razdelili v talno in v pašno rejo, v vsako po 60 nesnic. Poskus je trajal do 56. tedna starosti nesnic. Vse kokoši so bile v hlevu brez oken s talno rejo na nastilu, z gostoto naselitve 5 nesnic/m². Kokoši v pašni reji so imele možnost izhoda na pašo. Osvetlitev je trajala 16 ur. Vse skupine kokoši so imele enak osnovni obrok (30 % pšenice, 26 % koruze in 14 % ekstrakta sojine moke), kokoši v pašni reji so imele dodatno na voljo pašo. Pri 44. tednu starosti nesnic so zbrali 120 jajc za analizo. Ugotovili so, da je bila vsebnost pri obeh pasmah manjša v pašni reji kot v talni reji. Vsebnost holesterola v jajcih je bila pri obeh pasmah Z11 (neznačilno) in Z33 (značilno, $P < 0,05$) manjša v pašni reji ($13,8 \pm 0,60$ mg/g rumenjaka in $14,0 \pm 0,20$ mg/g rumenjaka) kot v talni reji ($14,0 \pm 0,50$ mg/g rumenjaka in $14,5 \pm 0,30$ mg/g rumenjaka).

Prehrana

Zmanjšanje vsebnosti holesterola v rumenjaku je možno le v majhni meri, saj je holesterol v jajcu nujno potreben za razvoj embria (Griffin, 1992, cit. po Wang in Huo, 2010; Liu in sod., 2010 ter Kim in sod., 2004, cit. po Aydin in sod., 2008). Ugotovljeno je bilo tudi, da z manipulacijo v prehrani nesnic ne vplivamo le na vsebnost holesterola v rumenjaku, ampak tudi na slabšo nesnost in manjša jajca (Kim in sod., 2004, cit. po Aydin in sod., 2008).

Vpliv konjugirane linolne kisline (KLK) na vsebnost holesterola v rumenjaku so proučevali Yin in sod. (2008) pri dveh tipih nesnic (rjava pritlikava in beli leghorn). K osnovnemu obroku koruze in soje za nesnice so dodali 0 %, 2,5 % ali 5 % konjugirane linolne kisline. Poskus je trajal 56 dni. Vsebnost holesterola v rumenjaku je pri dodatku 0 %, 2,5 % in 5 % KLK v prehrano znašala: 15,3 mg/g rumenjaka, 13,7 mg/g rumenjaka ter 16,8 mg/g rumenjaka za rjave pritlikave nesnice, pri belih leghorn nesnicah pa 13,2 mg/g rumenjaka, 14,3 mg/g rumenjaka ter 17,7 mg/g rumenjaka. Med tipoma nesnic ni bilo ugotovljenih značilnih razlik. Vsebnost holesterola v rumenjaku se je značilno spreminjala z dodajanjem KLK v obrok. Holesterol v rumenjaku je značilno naraščal s povečevanjem dodatka KLK k osnovnemu obroku, razen v primeru 2,5 % dodatka KLK pri rjavih pritlikavih kokoših. Pokazala se je tudi značilna interakcija med tipoma kokoši in nivojem KLK ($P < 0,01$). Do nasprotnih ugotovitev so prišli Hur in sod. (2003). Vsebnost holesterola v rumenjaku se je v petih tednih poskusa značilno zmanjšala z dodatkom KLK v prehrano nesnic v primerjavi s kontrolno skupino, ki je bila brez dodatka. Po sedmih dneh poskusa, je skupina s 5 % dodatkom KLK, dosegla značilno najmanjšo vrednost holesterola v rumenjaku (12,86 mg/g rumenjaka) v primerjavi s kontrolno skupino (13,71 mg/g rumenjaka). Yin in sod. (2008) ugotavljajo, da prihaja do različnih rezultatov med raziskavami zaradi različnih obdobj nesnosti kokoši ter zaradi količine dodanega KLK v prehrano nesnic.

Salma in sod. (2007) so proučevali vpliv prehrabnega dopolnila *Rhodobacter capsulatus* v prehrani nesnic na vsebnost holesterola v rumenjaku. Triindvajset tednov stare rjave nesnice hy-line so naključno razporedili v štiri skupine z 0 % (kontrolna skupina), 0,01 %, 0,02 % ter 0,04 % dodatka *R. capsulatus* v prehrano. Poskus je trajal 60

dni. Dodatek 0,04 % *R. capsulatus* v krmni obrok nesnic je pripomogel k zmanjšanju ($P < 0,05$) holesterola v rumenjaku za 13 %. Vsebnost holesterola v rumenjaku se je linearno spreminjala s povečevanjem dodatka *R. capsulatus* v krmnem obroku.

Aydin in sod. (2008) so proučevali vpliv dodatka črne kumine (1, 2 ali 3 %) v prehrano belih nesnic hyline-5, starih 27 tednov, na vsebnost holesterola v rumenjaku. Dodatek 2 ali 3 % črne kumine k osnovnemu obroku značilno ($P < 0,05$) vpliva na zmanjšanje holesterola v rumenjaku, pri čemer ne vpliva na nesnost in maso jajca. Do podobnih sklepov so prišli tudi El Bagir in sod. (2006) s trimesečnim poskusom krmljenja z dodatkom črne kumine v krmo belih leghorn nesnic, starih 68 tednov. Nesnice so krmili z dodatkom 0 (kontrola), 10 ali 30 g semen črne kumine na kilogram osnovne krme. Avtorji navajajo, da dodatek 1 ali 3 % semen črne kumine v trimesečnem poskusu zmanjša vsebnost holesterola v rumenjaku za 34 in 42 % (preglednica 5).

Preglednica 5: Vpliv dodatka črne kumine v obrok na maščobno sestavo jajčnega rumenjaka (El Bagir in sod., 2006)

	Črna kumina (g/kg)		
	0	10	30
Skupni lipidi (mg/g rumenjaka)	303 ± 10	246 ± 11	200 ± 13
Holesterol (mg/g rumenjaka)	20 ± 0,5	13 ± 0,2	11 ± 0,3

Starost kokoši

Zemková in sod. (2007) so ugotavljali vsebnost holesterola v jajcih ISA brown nesnic, pri starosti 39, 50, 59, 68 in 75 tednov. Rejene so bile v klasičnih kletkah, v obogatenih baterijskih kletkah, v talni ter v pašni reji. Način reje, starost nesnic ter njuna interakcija so značilno vplivali ($P \leq 0,01$) na koncentracijo holesterola v jajčnem rumenjaku. Nesnice iz vseh načinov reje so imele najmanjšo vsebnost holesterola v rumenjaku jajc 59 tednov starih kokoši. Največja vsebnost holesterola v rumenjaku je bila v jajcih iz klasičnih in obogatenih kletk baterijske reje v 39 tednu starosti (15,1 mg/g rumenjaka in 14,1 mg/g rumenjaka), iz talne in pašne reje pa v 68 tednu starosti (16,1 mg/g rumenjaka in 15,4 mg/g

rumenjaka) (preglednica 6). Tudi Basmacioglu in sod. (2003) navajajo zmanjšanje vsebnosti holesterola v rumenjaku z naraščajočo starostjo ISA white nesnic pri starosti 38 in 42 tednov.

Preglednica 6: Vsebnost holesterola v rumenjaku jajc ISA brown nesnic, rejnih v različnih načinih reje (Zemková in sod., 2007)

	Starost nesnic (tedni)	Način reje				Značilnost		
		Klasična kletka	Reja v obogatenih baterijskih kletkah	Talna reja	Pašna reja	Način reje	Starost nesnic	Način reje x starost nesnic
Vsebnost holesterola v rumenjaku (mg/g rumenjaka)	39	15,1	14,1	15,5	13,5	P ≤ 0,01	P ≤ 0,01	P ≤ 0,01
	50	13,2	11,5	13,2	12,8			
	59	11,6	11,2	11,8	12,2			
	68	13,8	12,5	16,1	15,4			
	75	12,8	13,1	14,2	13,0			

Značilno večjo vsebnost holesterola v jajcu pa je Anderson (2011) izmeril pri rjavih nesnicah hy-line, starih 62 tednov (172,54 mg/50 g jajce), v primerjavi z jajci 50 in 74 tednov starih kokoši (160,48 mg/50 g jajce in 160,54 mg/50 g jajce).

Hussein in sod. (2012) navajajo, da vsebujejo jajca mlajših nesnic manjšo vsebnost holesterola v rumenjaku kot jajca starejših nesnic. V poskus so vključili nesnice iste pasme, stare 20, 42 in 66 tednov. Krmljene so bile s popolno krmno mešanico za nesnice. Ugotovili so značilno razliko v vsebnosti holesterola v jajcih nesnic. Pri starosti 66 tednov so imele nesnice več holesterola v rumenjaku (32,42 % ± 2,51 skupnih maščobnih kislin) kot pri starosti 20 (16,75 % ± 0,23 skupnih maščobnih kislin) in 42 tednov (20,72 % ± 2,44 skupnih maščobnih kislin). Do podobnih ugotovitev sta prišla tudi Dikmen in Sahan (2007). V poskus sta vključila starše pitovnih piščancev ross 308, stare 28, 45 in 65 tednov, od katerih sta v analizo vključila po 12 jajc za vsako starostno obdobje, skupaj 36 jajc. Avtorja sta ugotovila, da se vsebnost holesterola s starostjo značilno ($P < 0,01$) povečuje. Vsebnost holesterola v jajcih 28 tednov starih staršev pitovnih piščancev je bila $10,47 \pm 0,28$ mg/g rumenjaka, 45 tednov starosti $15,34 \pm 0,65$ mg/g rumenjaka ter 65 tednov

starosti $15,64 \pm 0,71$ mg/g rumenjaka. Ugotovila sta tudi pozitivno povezavo med maso rumenjaka in vsebnostjo holesterola v rumenjaku (mg/g rumenjaka) in sicer $r = 0,941$ ($P < 0,01$).

Do nasprotnih ugotovitev so prišli Minelli in sod. (2007), ki so ugotovili najmanjšo vsebnost holesterola v jajcih (1,21 % rumenjaka) 47 do 50 tednov starih kokoši. Tudi Johansson (2010) ugotavlja, da se vsebnost holesterola z naraščanjem starosti nesnic zmanjšuje. V poskus so bile vključene lohmann leghorn in lohmann brown nesnice, pri čemer genotip ni imel značilnega vpliva na vsebnost holesterola v rumenjaku. Starost nesnic je značilno ($P < 0,001$) vplivala na vsebnost holesterola v rumenjaku, ki je bila največja pri 32 tednu starosti (26,98 mg/g rumenjaka), manjša je bila pri 56 tednu starosti (22,56 mg/g rumenjaka) ter najmanjša pri 72 tednu starosti (19,45 mg/g rumenjaka).

Johansson (2010) meni, da je zmanjšanje vsebnosti holesterola v jajcu in s tem v telesu nesnic v povezavi z zmanjšanjem nesnosti z naraščajočo starostjo nesnic. Opažene spremembe glede zmanjšanja vsebnosti holesterola z naraščajočo starostjo nesnic je lahko v povezavi s fiziološkim pomenom holesterola v telesu (Champe in sod., 2008, cit. po Johansson, 2010).

2.2.2 Holesterol v jajcih in njegov vpliv na zdravje ljudi

Glavni vir prehranbenega holesterola so jajca, meso ter mlečni izdelki (McNamara, 2005; Grundy, 2003). Jajce težko 50 g vsebuje približno 215 mg holesterola, kar pri prebivalcih Združenih držav Amerike predstavlja približno 30 do 35 % celotno vnesenega holesterola s hrano (McNamara, 2005). Podobno navajata tudi Smolin in Grosvenor (2008) in sicer, da je v jajčnem rumenjaku okoli 213 mg holesterola. Holcman in sod. (2004) navajajo, da je v 60 g jajcu približno 240 mg holesterola.

Približno 50 let se že govori in piše o močni povezavi med holesterolom in obolenjem srca (Kanter in sod., 2012). Anitschkow je leta 1913 (cit. po Kritchevsky, 2005) pokazal možno povezavo med vnosom holesterola pri kuncih in aterosklerozo. Od takrat je bilo veliko raziskav usmerjenih tako v holesterol v krvi kot v prehrani. Leta 1972 so strokovnjaki American Heart Association (AHA) zaradi velike vsebnosti holesterola in njegove

povezave s srčno-žilnimi obolenji (McNamara, 2005) priporočili omejitev dnevnega vnosa holesterola na manj kot 300 mg (McNamara, 2005; Lichtenstein in sod., 2006, Srinath Reddy, 2005). O vplivu prehrabnega holesterola na srčno žilne bolezni poročajo tudi Li in sod. (2013). Povečana vsebnost holesterola v krvi je poglavitni dejavnik za koronarna obolenja srca. Če zaužijemo 200 mg holesterola na dan, se serumski holesterol v telesu poveča v povprečju za 6 mg/dl (0,155 mmol/l) (Grundy, 2003). S tem je bil opazen tudi trend zmanjšanja porabe jajc pri porabnikih (Rahimi, 2005).

Prvotno prepričanje je bilo, da je holesterol v jajcu poglavitni dejavnik za kardiovaskularne bolezni, saj naj bi bil prehrabeni holesterol enak krvnemu holesterolu. Danes večina raziskav kaže, da prehrabeni holesterol ni tisti glavni dejavnik, ki vpliva na nivo holesterola v krvi, ampak nasičene maščobe (McNamara in Thesmar, 2005), predvsem tiste, ki jih najdemo v industrijsko obdelanih rastlinskih oljih in margarinah (Šupe, 2013). Delno hidrogenirane maščobe (npr. margarine) povečujejo vsebnost LDL holesterola v krvi. Prehrabeni holesterol ima le majhen vpliv na dvig krvnega LDL holesterola (Huffman in sod., 2003). Večina raziskav kaže, da niti prehrabeni holesterol niti uživanje jajc nista v značilni povezavi s kardiovaskularnimi boleznimi. Z raziskavami so ugotovili, da je v državah z večjim uživanjem jajc nižja stopnja smrtnosti zaradi kardiovaskularnih bolezni, pri čemer ni bilo prikazane povezave med uživanjem jajca ter vsebnostjo holesterola v krvi oziroma boleznimi srca. Če v prehrano dodamo eno jajce na dan, s tem povečamo celoten plazemski holesterol za približno 5 mg/dl (0,13 mmol/L), pri čemer se povečata tudi LDL holesterol (4 mg/dl (0,10 mmol/L)) in HDL holesterol (1 mg/dl (0,03 mmol/L)). Vendar pa se razmerje med LDL : HDL ne spremeni, kar je pa poglavitni razlog pri tveganju za kardiovaskularne bolezni (McNamara in Thesmar, 2005).

Odrasel človek naj bi imel v telesu okoli 100 g holesterola. Povprečne dnevne potrebe po holesterolu pri odraslem človeku so približno 1,1 g, od tega jih je v povprečju 15 do 25 % prehranskega vnosa, ostalo predstavlja endogena sinteza, večinoma v jetrih in črevesju. Zato je tudi s prehrano težko zmanjšati nivo krvnega holesterola. Absorpcija holesterola v telesu se razlikuje tako med posamezniki kot pri posamezniku, v odvisnosti od drugih sestavin v prehrani. Učinkovitost absorpcije holesterola je zelo velika pri približno 20 % tiste populacije, ki se prekomerno odzove nanj (Shireman, 2003). Na prehrabeni

holesterol se vsak posameznik odziva drugače. Po mnenju Elkin (2006, cit. po Farrell, 2015) imamo v populaciji približno 85 % slabo odzivnih in približno 15 % močno odzivnih ljudi.

Elkin (2006, cit po Farrell, 2015) je v poskus vključil moške in ženske, kjer je posameznik zaužil 21 jajc na teden (približno 640 mg holesterola na dan). Ugotovil je, da se LDL holesterol v plazmi ni spremenil pri slabo odzivnih ljudeh. Pri močno odzivnih se je spremenil za statistično značilno količino (10 do 15 mg/dL). Zanimivo je to, da glede na veliko količino vnesenega holesterola na dan (tri jajca na dan), se pri slabo odzivnih ljudeh LDL holesterol v krvi ni povečal.

Qureshi in sod. (2007) so proučevali povezavo med količino zaužitih jajc in tveganjem za boleznimi srca in ožilja. V poskus je bilo vključenih 9734 odraslih oseb, starih od 25 do 74 let, ki so bili razdeljeni v tri skupine glede na količino zaužitih jajc: nič oziroma manj kot eno jajce na teden, eno do šest jajc na teden ter več kot šest jajc na teden. Ugotovili so, da zaužitje več kot šest jajc na teden (eno ali več jajc na dan) ne povečuje tveganja za obolenjem srca in ožilja. Ugotovitve ne veljajo za diabetične bolnike, pri katerih bi bile potrebne nadaljnje raziskave.

Tudi Rong in sod. (2013) so ugotovili, da ni povečanega tveganja za srčno žilna obolenja pri zaužitju enega jajca na dan. V podskupini se je pokazala pozitivna povezava med povečanim uživanjem jajc in tveganjem za kronična obolenja srca pri sladkornih bolnikih.

Že leta 1995 je tokijski podjetnik Kyowa Hakko Kogyo videl podjetniško priložnost in patentiral postopek, po katerem lahko pridobi jajca in meso brez holesterola. Pri tem s pomočjo določenih kemijskih snovi holesterol v hrani spremeni v epiholesterol, ki ga ljudje ne moremo izkoristiti. Pri tem pa še niso uspeli dokazati, da je spremenjen izdelek, ki vsebuje epiholesterol, za zdravje neškodljiv. Tak izdelek je za evropski trg nesprejemljiv, saj je kemijska snov, potrebna za spremembo holesterola, pridobljena z gensko spremembo organizma (Gellermann-Schultes in sod., 2005).

Po mnenju Farrell (2015) vnos enega jajca na dan nima vpliva na količino holesterola v krvi. Jajca niso škodljiva za zdravje ljudi in naj bo njihovo zauživanje tudi zaradi cenovne dostopnosti, spodbujeno predvsem pri revnem delu prebivalstva.

2.3 VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH RAZLIČNIH KRIŽANK, PASEM IN LINIJ

Intihar (2006) je proučevala vpliv treh linij kokoši (D(+), D(-) in WM) na vsebnost holesterola v jajcih. Kokoši so bile približno enake starosti, krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Bile so na nastilu, s 14 urno dnevno osvetlitvijo. Kurnica je bila brez oken. Najtežja jajca je imela v povprečju D(+) linija ($77,24 \text{ g} \pm 4,91$), ki je imela tudi v povprečju najtežje rumenjake ($21,32 \text{ g} \pm 1,82$). Najlažja so bila v povprečju jajca D(-) linija ($48,42 \text{ g} \pm 1,37$), z najlažjo povprečno maso rumenjakov $15,47 \text{ g} \pm 0,78$. Povprečna masa jajc WM kokoši je bila $76,92 \text{ g} \pm 2,66$, povprečna masa rumenjakov pa $21,51 \text{ g} \pm 0,81$. Jajca kokoši linije D(+) in slovenske sintetične linije WM, ki spadata k težkemu proizvodnemu tipu, so vsebovala več holesterola ($16,05 \pm 1,27 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka in $16,93 \pm 1,14 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka) kot jajca kokoši linije D(-) ($13,73 \pm 0,94 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka), ki spada k lahkemu proizvodnemu tipu. Avtorica je ugotovila, da je genotip značilno vplival na vsebnost holesterola v jajčnem rumenjaku. Liniji WM in D(+) se značilno ($P \leq 0,001$) razlikujeta v vsebnosti holesterola v rumenjaku od linije D(-). Med kokošmi linij WM in D(+) v vsebnosti holesterola v jajcih ni bilo značilnih razlik ($P = 0,0635$).

Tavčar (2009) je proučevala vsebnost holesterola v jajcih treh slovenskih tradicionalnih pasem kokoši lahkega tipa: slovenske grahaste kokoši (G), slovenske rjave kokoši (R), slovenske srebrne kokoši (S) ter dveh slovenskih tradicionalnih pasmah kokoši težkega tipa: slovenske zgodaj operjene kokoši (ZO) in slovenske pozno operjene kokoši (PO). V analizo so bila vključena tudi jajca edine slovenske avtohtone pasme kokoši, to je štajerske kokoši (ŠK). Kokoši so bile približno enake starosti ter krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Kurnica je bila brez oken z nastilom in s 14 urno osvetlitvijo. Najtežja jajca je imela v povprečju pasma S ($70,41 \text{ g} \pm 2,91$), najlažja pa so bila v povprečju jajca ŠK ($54,86 \text{ g} \pm 1,20$), ki so imela tudi najlažjo povprečno maso

rumenjakov ($17,23 \text{ g} \pm 0,73$). Po povprečni masi si sledijo jajca pasme ZO ($68,66 \text{ g} \pm 3,10$), R ($68,53 \pm 2,84$), PO ($67,76 \pm 2,54$) in G ($65,79 \text{ g} \pm 1,98$). Tako pasma kot proizvodni tip kokoši sta značilno vplivala na vsebnost holesterola v rumenjaku in jajcu. Največjo vsebnost holesterola v rumenjaku je ugotovila v jajcih kokoši ZO in G ($16,59 \pm 1,24 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka in $15,10 \pm 1,60 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka). Sledila so jajca kokoši PO, R in S z $14,41 \pm 1,75 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka, $13,65 \pm 1,64 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka in $13,60 \pm 0,85 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka. Jajca slovenske avtohtone pasme štajerske kokoši so vsebovala $14,37 \pm 0,77 \text{ mg/g}$ svežega rumenjaka. Med jajci kokoši ŠK in ZO ter jajci kokoši ZO in PO v vsebnosti holesterola obstajajo značilne razlike, medtem ko med jajci kokoši ŠK in PO teh razlik ni. Avtorica je ugotovila, da slovenske tradicionalne pasme težkega tipa (ZO, PO) v primerjavi s slovenskimi tradicionalnimi pasmami lahkega tipa (S, G, R) znesejo manj jajc, ki imajo večji delež rumenjaka v jajcu z večjo vsebnostjo holesterola.

Simčič in sod. (2009) so proučevali vsebnost holesterola v rumenjaku jajc slovenske avtohtone pasme štajerske kokoši in kokoši ISA brown, rejene v baterijski in pašni reji. Ugotovili so značilen vpliv genotipa na vsebnost holesterola v rumenjaku, tako v baterijski reji ($P = 0,0195$) kot v pašni reji ($P < 0,0001$). Način reje ni imel značilnega vpliva na vsebnost holesterola v rumenjaku. Jajca štajerske kokoši so vsebovala več holesterola v rumenjaku, tako v baterijski kot v pašni reji ($13,1 \pm 0,43 \text{ mg/g}$ rumenjaka in $13,6 \pm 0,22 \text{ mg/g}$ rumenjaka), kot jajca ISA brown kokoši ($11,4 \pm 0,49 \text{ mg/g}$ rumenjaka in $11,8 \pm 0,30 \text{ mg/g}$ rumenjaka). Največja povprečna vrednost holesterola je bila v jajcih štajerske kokoši iz pašne reje (preglednica 7).

Preglednica 7: Vsebnost holesterola v jajcih štajerske kokoši in ISA brown kokoši (Simčič in sod., 2009)

Način reje	(mg/g rumenjaka)		Vpliv
	Štajerska kokoš	ISA brown	
Baterijska reja	$13,1 \pm 0,43$	$11,4 \pm 0,49$	$P = 0,0195$
Pašna reja	$13,6 \pm 0,22$	$11,8 \pm 0,30$	$P < 0,0001$

Tudi Pavlovski in sod. (2011) so ugotovili razliko v vsebnosti holesterola v jajcih križank hy line in jajcih kokoši golovratke. Kokoši so bile v pašni reji. Ugotovili so večjo vsebnost holesterola v jajcih nesnic golovratk (237,57 mg/100g jajca) kot v jajcih križank hy line (177,18 mg/100g jajca).

Basmacioglu in Ergül (2005) sta ugotavljala, kako genotip vpliva na vsebnost holesterola v jajcih 400 belih nesnic babcock-300 in 440 rjavih nesnic ISA brown. Jajca belih nesnic babcock-300 so imela značilno manjšo vsebnost holesterola v jajcu ($13,32 \pm 0,064$ mg/g rumenjaka) kot jajca rjavih nesnic ISA brown ($13,76 \pm 0,064$ mg/g rumenjaka).

Kücükyilmaz in sod. (2012) so proučevali vpliv pašne in baterijske reje pri dveh komercialnih turških križankah. Od 832 komercialnih križank so imeli 416 belih lohmann LSL in 416 rjavih ATAK-S nesnic. V poskusu so bile od 23. do 70. tedna starosti. Vsebnost holesterola v jajcih se ni značilno razlikovala med genotipoma in med načinoma reje. Jajca lohmann LSL križank so vsebovala več holesterola v baterijski kot v pašni reji (14,90 mg/g rumenjaka in 14,17 mg/g rumenjaka). Ravno obratno je bilo ugotovljeno pri rjavih ATAK-S nesnicah, katerih jajca so vsebovala več holesterola v pašni kot v baterijski reji (14,83 mg/g rumenjaka in 14,08 mg/g rumenjaka).

Yang in sod. (2013) so proučevali vsebnost holesterola v rumenjaku lush green-shelled in silky fowl nesnic, v baterijski reji. Vsebnost holesterola v rumenjaku so določali v jajcih nesnic, starih 21 do 51 tednov. Povprečna vsebnost holesterola v jajčnem rumenjaku silky fowl nesnic je bila večja od lush fowl nesnic ($9,7366 \pm 1,2650$ mg/g rumenjaka in $7,9938 \pm 1,4935$, $P > 0,05$).

Rizzi in Marangon (2012) sta primerjala vsebnost holesterola v jajcih dveh križank (hy-line brown in hy-line white) in dveh italijanskih pasem (ermellinata di rovigio in robusta maculata), v starosti od 24 do 43 tednov, v pašni reji. Ugotovila sta, da vsebujejo jajca kokoši pasem ermellinata di rovigio in robusta maculata značilno ($P < 0,01$) več holesterola (256 mg/jajce in 259 mg/jajce) kot jajca križank hy-line brown in hy-line white (216 mg/jajce in 222 mg/jajce) kljub temu, da so značilno ($P < 0,01$) lažja od slednjih.

2.4 PRELUX KOKOŠI NESNICE

Beseda prelux je kratica za prevojske luksurirance. Slovenska selekcija kokoši se je prvotno izvajala na Prevojah pri Lukovici, sedaj poteka na obratu Krumperk pod vodstvom Biotehniške fakultete (PRC..., 2014).

Križanke so potomke križanja različnih pasem (pasemske križanke) ali linij (linijske križanke). Moderne križanke imajo boljše proizvodne rezultate kot čistopasemske oziroma čistolinijske kokoši. Glavni selekcijski cilj je povečati število in maso znesenih jajc po kokoši ter dolgoročno priti do križank, ki se bodo lahko dobro prilagodile različnim proizvodnim sistemom in ne bodo občutljive na vsak najmanjši stres. Obstajajo prelux–R (rjava), prelux–G (grahasta) in prelux–Č (črna) križanka. Vse tri nesejo jajca z rjavo barvo lupine. So avtoseks nesnice, saj lahko njihove dan stare piščance ločimo po spolu glede na različno obarvanost perja (puha) ali različno hitrost operjanja (Holcman in sod., 2014).

2.4.1 Prelux–R

Prelux–R je križanka med slovenskim rjavim petelinom (s – tip) in slovensko srebrno kokošjo (S – tip) (Ločniškar, 1984). Dan stari piščanci imajo obratno barvo puha kot starši, petelinčki so beli in jarkice rumenkasto rjave barve. Nesnica je po barvi in vzorcu perja podobna drugim tujim rjavim nesnicam. Je lahka kokoš, ki ima pri 18 tednih starosti 1,7 kg ter po enem letu nesnosti 2,2 kg. V celoletnem preizkusu nesnosti v baterijski reji je znesla 294 jajc s povprečno maso 65 g, v preizkusu pa je poginilo 1,3 % kokoši. Prelux–R je primerna tako za farmsko rejo kot za manj intenzivne reje (Holcman in sod., 2014).

2.4.2 Prelux–G

Prelux–G je križanka med slovenskim grahastim petelinom in slovensko rjavo kokošjo (Ločniškar, 1984). Perje nesnice ima grahast vzorec, zaradi česar je pri rejcih tudi priljubljena. Dan stare piščance ločimo glede na različno hitrost operjanja, katerega prepoznamo po različni dolžini tulcev primarnih in krovnih peres peruti. Tako so jarkice zgodaj operjene in petelinčki pozno operjeni. Nesnica spada med srednje težke kokoši, saj je pri 18 tednih starosti težka 1,8 kg in po enem letu nesnosti 2,5 kg. Kljub temu, da je

nekoliko težja kokoš, je dobra nesnica. Tolikšna telesna masa je za rejce zanimiva tudi zato, ker po zakolu kokoši, meso uporabijo za pripravo juh. Prvotni namen je bil pridobiti križanko z nekoliko večjo telesno maso od tipičnih nesnic za rejo na kmečkih dvoriščih, ki naj bi znesla veliko jajc. Namen je bil uresničen, saj je v zadnjih preizkusih v nesnosti prehitela celo prelux-R. V zadnjem celoletnem preizkusu v individualnih kletkah baterijske reje je ta nesnica znesla 308 jajc s povprečno maso 60 g, v obdobju nesnosti pa je poginilo 2,5 % kokoši. Prelux-G pa je tudi dobra izbira za naravi prijazno prirajo jajc, saj je na ekološki kmetiji v enem letu znesla 294 jajc s povprečno maso 60 g (Holcman in sod., 2014).

2.4.3 Prelux-Č

Prelux-Č je križanka med slovenskim rjavim petelinom in slovensko grahasto kokošjo (Ločniškar, 1984). Odrasla kokoš je črne barve z lepo svetlečim perjem in rjavkastim pigmentom na vratu. Dan stari petelinčki so črne barve z belo liso na glavi medtem, ko so jarkice v celoti črne. Ima podobno telesno maso in proizvodne lastnosti kot prelux-G nesnica. V baterijski reji znese na leto 314 jajc s povprečno maso 64 g, v celoletnem preizkusu je poginilo 1,3 % kokoši (Holcman in sod., 2014).

3 MATERIAL IN METODE DE LA

3.1 MATERIAL

Na pedagoško raziskovalnem centru za perutninarstvo Oddelka za zootehniko smo v poskus vključili tri prelux nesnice: prelux–R, prelux–G in prelux–Č, ki so križanke slovenskih tradicionalnih pasem kokoši lahkega tipa (slovenska srebrna kokoš, slovenska rjava kokoš in slovenska grahasta kokoš). Vse tri prelux nesnice so bile krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Kurnica je bila brez oken. Dnevna osvetlitev je trajala 14 ur. Nesnice so bile v talni reji na nastilu.

Leta 2011 smo iz jat prelux nesnic pri starosti 50 tednov vzeli vzorce jajc po križanki z namenom določitve vsebnosti holesterola v jajčnem rumenjaku. Trideset naključno izbranih jajc po križanki smo stehali in odbrali dvanajst najtežjih.

3.2 METODE DE LA

V laboratoriju Katedre za prehrano smo opravili laboratorijski del naloge. Pripravili smo liofilizirane vzorce rumenjakov, v katerih smo določili vsebnost suhe snovi s sušenjem (AOAC..., 2000) ter vsebnost holesterola s spektrofotometrično metodo z železovim(III) kloridom po postopku, ki ga navaja proizvajalec kita Boehringer-Mannheim (1987).

3.2.1 Priprava vzorca in liofiliziranje rumenjakov

Jajca smo obrisali s suho papirnato brisačko, jih označili, stehali in razbili. Ročno smo ločili beljak od rumenjaka ter oba stehali. Beljak in lupino smo zavrgli. Na predhodno označeno in stehano aluminijasto folijo smo dali rumenjaka, ga prebodli z iglo ter premešali. Vse vzorce smo zložili na stojalo liofilizatorja in vse skupaj čez noč postavili v zamrzovalno skrinjo. Vzorce smo liofilizirali približno 24 ur. Po končani liofilizaciji smo pustili vzorce na sobni temperaturi približno 2 uri. Vzorce smo nato ponovno stehali na štiri decimalna mesta natančno, jih vakuumsko zapakirali v označene plastične vrečke in ročno homogenizirali ter shranili v zamrzovalno skrinjo na – 20°C do nadaljnje analize.

3.2.2 Priprava barvnega reagenta

V 100 ml merilno bučko smo zatehtali 340 mg železovega III kloridaheksahidrata ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Bučki, katero smo predhodno postavili v ledeno kopel, smo dodali 8 ml 80 % H_3PO_4 . Vanjo smo počasi, zaradi segrevanja, dodali še koncentrirano 95 do 97 % žvepleno kislino (H_2SO_4), do skupnega volumna 100 ml. Pred uporabo smo počakali, da se je barvni reagent ohladil.

3.2.3 Ekstrakcija holesterola

V označene epruvete z zamaškom smo zatehtali 50 mg liofiliziranega vzorca jajčnega rumenjaka ter dodali 2,0 ml 96 % etanola in 1,3 ml 50 % raztopine KOH. Epruvete smo nato zaprli in vsebino dobro premešali z vrtičnikom. Nato smo jih postavili za 15 minut v grelni blok, segret na 60 °C. Epruvete smo ohladili ter raztopini dodali 2,0 ml deionizirane vode in 6 ml heksana. Epruvete smo najprej mešali ročno 1 minuto, nato v centrifugi centrifugirali 10 minut pri 2500 obratih/minuto. Previdno smo odpipetirali 0,5 ml zgornje heksanske faze v suhe epruvete, katere smo nato prepihavali z dušikom pri 50 °C, da smo odparili heksan do suhega.

3.2.4 Priprava standardnih raztopin za umeritveno premico

V pet epruvet smo odpipetirali 0,1 ml, 0,3 ml, 0,5 ml, 0,8 ml in 1,0 ml osnovne raztopine holesterola s koncentracijo 0,1 mg/ml. V epruvete smo dodali ustrezní volumen 96 % etanola, da smo dosegli skupni volumen 2 ml. Šesta epruveta je bila slepi vzorec, v katero smo odpipetirali samo 2 ml 96 % etanola (slepi preizkus).

3.2.5 Priprava raztopin za spektrofotometrično meritev

V epruvete s suhim heksanskim ekstraktom vzorca smo dodali 2 ml 96 % etanola in dobro premešali. V vse epruvete (slepi vzorec, standardne raztopine in raztopine vzorca) smo nato dodali 2 ml barvnega reagenta. Epruvete smo premešali z vrtinčnikom in jih pustili stati na sobni temperaturi 30 minut, da se je razvil barvni kompleks. Pred meritvijo absorbance smo zopet premešali vsebino epruvet.

3.2.6 Spektrofotometrična meritev – določitev holesterola v filtratu

Posneli smo absorpcijski spekter v območju od 450 do 800 nm za standardno raztopino srednje koncentracije, iz katerega smo določili valovno dolžino, ki je ustrezala maksimumu absorpcije.

V kiveto smo nalili raztopino slepega vzorca do 4/5 njene višine, pri tem smo jo držali na neprozorni površini. Stene kivete smo obrisali z vpojnim papirjem in jo vstavili v držalo. Zaprli smo pokrov spektrofotometra ter valovno dolžino merjenja nastavili na valovno dolžino, ki smo jo določili kot maksimum absorpcije. Absorbanco smo nastavili na nič ter odčitati absorbance za vse raztopine in vzorce ter za umeritveno premico.

3.2.7 Določitev sušine v rumenjaki

V označene tehtiče smo dodali kvarčni pesek za lažje sušenje vzorca in stekleno palčko ter jih na pol pokrili s pokrovčkom. Tako pripravljene tehtiče smo zložili na pladenj ter jih sušili 1 uro na 120 °C. Nato smo suhe in ohlajene tehtiče stehali, jim dodali 3 do 5 g vzorca ter dobro premešali. Vzorce smo sušili v sušilniku 3 ure pri temperaturi 103 °C do konstantne mase. Po sušenju smo vzorce ohladili v eksikatorju in jih ponovno stehali.

3.2.8 Pravilnost in natančnost metode

Tavčar (2009) je primerjala dve metodi in sicer encimatsko metodo (metoda KIT), kjer spektrofotometrično določimo oksidacijski produkt pri encimatski reakciji – formaldehid in spektrofotometrično metodo z železovim(III) kloridom. Za zagotovitev čim večjega števila opazovanj so vključili vse meritve (paralelke), skupno 288 meritev za obe metodi. S statistično analizo so dokazali, da ni značilnih razlik ($p = 0,2851$) med metodama v vsebnosti holesterola v jajčnem rumenjaku.

Intihar (2006) je prav tako kot mi uporabila spektrofotometrično metodo z železovim(III) kloridom. Da je preverila pravilnost in natančnost spektrofotometrične metode je uporabila standardni referenčni material (SRM) 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder. Rezultat srednje vrednosti za vsebnost holesterola petih ponovitev je bil $17,23 \pm 0,31$ mg

holesterola/g SRM Cholesterol in Whole Egg Powder, kar odstopa od standardne vrednosti $19,0 \pm 0,2$ mg/g. Ugotavljajo, da je za to odstopanje najverjetneje kriva starost standardnega referenčnega materiala SRM, kateremu je pretekel rok uporabe. Ker v laboratoriju Katedre za prehrano novega standardnega referenčnega materiala (SRM) 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder nimajo, se za preverjanje pravilnosti in natančnosti metode nismo odločili, ker bi bilo odstopanje še večje.

3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Dobljene podatke o vsebnosti holesterola v jajcih smo vnesli v program Excel v okolju Windows ter pripravili preglednice za statistično obdelavo. Podatke smo analizirali s pomočjo procedure GLM znotraj programskega paketa SAS/STAT 9.2 (2009). V analizo smo vključili dve ponovitvi posameznega vzorca. Uporabili smo tri statistične modele, pri čemer smo v vsakega od njih vključili drugi vpliv (vpliv proizvodnega tipa kokoši, vpliv čistih pasem ter vpliv genotipa kokoši). Statistično značilne razlike ($P \leq 0,05$) med vplivi, vključenimi v modele, smo ovrednotili s pomočjo Tukey-Kramerjevega testa. Vsebnosti holesterola v jajcih slovenske grahaste kokoši, slovenske rjave kokoši, slovenske srebrne kokoši, štajerske kokoši, slovenske zgodaj operjene kokoši ter slovenske pozno operjene kokoši so podane v diplomski nalogi Tavčar (2009). Vsebnosti holesterola (mg holesterola/g svežega rumenjaka ter mg holesterola v svežem rumenjaku) so v diplomskem delu Tavčar (2009) preračunane na zračno suho snov. Zaradi usklajevanja enot smo te vsebnosti pred statistično obdelavo pretvorili na suho snov.

Z model 1 smo testirali vpliv proizvodnega tipa kokoši na vsebnost holesterola v jajcih. Vključili smo lahki tip kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, prelux-G, prelux-Č in prelux-R) ter težki tip kokoši (slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš).

Model 1:
$$y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

y_{ij} ... opazovana lastnost (mg holesterola/g rumenjaka)

μ ... srednja vrednost populacije

P_i ... vpliv proizvodnega tipa kokoši (i = lahki, težki tip)

e_{ij} ... ostanek

V model 2 smo vključili vpliv čistih pasem in križank na vsebnost holesterola v jajcih, in sicer čiste pasme kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš) ter kokoši križanke (prelux-G, prelux-Č in prelux-R).

Model 2:
$$y_{ij} = \mu + \check{C}_i + e_{ij}$$

y_{ij} ... opazovana lastnost (mg holesterola/g rumenjaka)

μ ... srednja vrednost populacije

\check{C}_i ... vpliv čiste pasme / križanke (i = čista pasma, križanka)

e_{ij} ... ostanek

V model 3 smo vključili vpliv genotipa kokoši na vsebnost holesterola v jajcih. Vključili smo nesnice prelux-Č, prelux-G, prelux-R, slovensko grahasto kokoš, slovensko rjavo kokoš, slovensko srebrno kokoš, štajersko kokoš, slovensko zgodaj operjeno kokoš ter slovensko pozno operjeno kokoš.

Model 3:
$$y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij}$$

y_{ij} ... opazovana lastnost (mg holesterola/g rumenjaka)

μ ... srednja vrednost populacije

G_i ... vpliv genotipa kokoši (i = 9 genotipov)

e_{ij} ... ostanek

4 REZULTATI

4.1 MASA JAJCA, BELJAKA, RUMENJAKA IN JAJČNE VSEBINE

V analizo so bile vključene mase jajc in mase posameznih sestavnih delov jajc (preglednica 8).

Preglednica 8: Osnovni statistični parametri za maso jajc in posamezne sestavne dele jajc pri prelux nesnicah

Masa (g)	Križanka	Število vzorcev	Srednja vrednost	Najmanj	Največ	Standardni odklon
Jajce	Prelux-R	12	73,09	70,47	77,20	2,02
Beljak (B)		12	45,02	41,80	50,0	2,72
Rumenjak (R)		12	19,25	16,31	21,22	1,19
Lupina		12	8,82	7,86	9,89	0,60
Razmerje (R:B)		12	1 : 2,3	-	-	-
Jajčna vsebina		12	64,27	61,74	67,97	2,10
Jajce	Prelux-G	12	70,80	68,14	77,72	2,99
Beljak (B)		12	42,22	38,20	50,50	3,54
Rumenjak (R)		12	20,27	18,78	22,85	1,31
Lupina		12	8,31	7,91	9,65	0,49
Razmerje (R:B)		12	1 : 2,1	-	-	-
Jajčna vsebina		12	62,49	58,8	69,33	3,07
Jajce	Prelux-Č	12	72,69	69,17	79,22	3,44
Beljak (B)		12	44,85	42,0	52,80	3,18
Rumenjak (R)		12	19,30	18,0	21,80	0,99
Lupina		12	8,54	7,41	9,75	0,68
Razmerje (R:B)		12	1 : 2,3	-	-	-
Jajčna vsebina		12	64,15	60,80	70,80	3,05

V povprečju so bila najtežja jajca prelux–R nesnic (73,09 g), ki so imela tudi največjo povprečno maso beljaka (45,02 g) in najmanjšo povprečno maso rumenjaka (19,25 g). Po povprečni masi sledijo jajca nesnic prelux–Č (72,69 g) in prelux–G (70,80 g). Slednje so

imele tudi najozžje razmerje med maso rumenjaka in maso beljaka (1 : 2,1) medtem, ko so imele Prelux-R in prelux-Č nesnice to razmerje enako in širše (1 : 2,3). Križanka prelux-R je imela največjo povprečno maso jajčne vsebine (64,27 g). Upošteva se posamezna jajca, ki so bila vključena v analizo, je najtežje jajce (79,22 g) z najtežjo maso beljaka (52,80 g) izhajalo od nesnic Prelux-Č. Najtežjo maso rumenjaka je imela prelux-G nesnica (22,85 g). Največji standardni odklon je pri jajcu križanke prelux-Č, kjer je bila razlika med najtežjim in najlažjim jajcem 10,05 g. Najmanjši standardni odklon je bil pri križanki prelux-R, kjer je bila razlika med najtežjim in najlažjim jajcem 6,73 g.

V preglednici 9 so podatki o povprečnih deležih posameznih sestavnih delov jajca. Največji delež beljaka v jajcu so imele nesnice prelux-Č ($61,70 \pm 3,31$ %) in prelux-R ($61,59 \pm 2,37$ %), ki so imele tudi najtežja jajca. Najlažja so bila jajca prelux-G nesnic, ki so imela najmanjši delež beljaka v jajcu ($59,63 \pm 3,27$ %), vendar največji delež rumenjaka v jajcu ($28,63 \pm 2,15$ %) ter največji delež rumenjaka v jajčni vsebini ($32,44 \pm 2,19$ %). Povprečni delež jajčne vsebine je bil pri vseh treh nesnicah približno enak.

Preglednica 9: Povprečni deleži sestavnih delov jajca (%) pri prelux nesnicah (*n = 12)

Delež v jajcu	prelux – R	prelux – G	prelux – Č
Beljak	$61,59 \pm 2,37$	$59,63 \pm 3,27$	$61,70 \pm 3,31$
Rumenjak	$26,34 \pm 1,61$	$28,63 \pm 2,15$	$26,55 \pm 2,22$
Lupina	$12,07 \pm 1,31$	$11,74 \pm 1,74$	$11,75 \pm 2,06$
Jajčna vsebina	$87,93 \pm 2,06$	$88,26 \pm 3,03$	$88,25 \pm 3,25$
Rumenjak v jajčni vsebini	$29,95 \pm 1,65$	$32,44 \pm 2,19$	$30,08 \pm 2,02$

* število vzorcev po križankah

4.2 VSEBNOST SUHE SNOVI

Vsebnost suhe snovi v svežih rumenjaki smo izračunali iz vsebnosti zračno suhe snovi v liofiliziranih vzorcih rumenjakov.

Preglednica 10 podaja osnovne statistične parametre za vsebnost suhe snovi v svežih rumenjakih jajc prelux nesnic. Srednje vrednosti za vsebnost sušine v rumenjakih med

križankami so podobne. Križanka prelux–Č ima največjo srednjo vrednost za vsebnost sušine (506,01 g SS/kg svežega rumenjaka) ter jajce z največ sušine (520,01 g SS/kg svežega rumenjaka). Križanka prelux–G ima najmanjšo srednjo vrednost za vsebnost sušine v rumenjaki (502,03 g SS/kg svežega rumenjaka) in jajce z najmanj sušine (466,71 g SS/kg svežega rumenjaka). Jajca prelux–G so imela največji standardni odklon in sicer 14,17 g SS/kg svežega rumenjaka, jajca prelux–R križank pa najmanjši standardni odklon in sicer 6,29 g SS/kg svežega rumenjaka.

Preglednica 10: Vsebnost suhe snovi in osnovni statistični parametri (g SS/kg svežega rumenjaka) pri prelux nesnicah

Številka jajca*	Križanka		
	prelux – R	prelux – G	prelux – Č
1	507,30	507,80	518,20
2	489,91	482,28	500,84
3	508,00	466,71	510,77
4	509,00	499,23	510,62
5	507,37	512,09	496,17
6	510,02	513,83	514,06
7	500,33	504,62	517,88
8	496,68	503,18	490,90
9	506,02	508,08	495,35
10	498,84	516,30	498,61
11	509,29	508,49	498,65
12	500,50	501,74	520,01
Srednja vrednost	503,61	502,03	506,01
Najmanj	489,91	466,71	490,90
Največ	510,02	516,30	520,01
Standardni odklon	6,28	14,17	10,31

* Priloga B podaja laboratorijske številke jajc

4.3 VSEBNOST HOLESTEROLA

Vsebnost holesterola smo določili v liofiliziranih vzorcih rumenjakov. Vrednosti smo izrazili v mg holesterola/g svežega rumenjaka (preglednica 12). Vse ostale vrednosti (mg holesterola v svežem rumenjaku, mg holesterola/g jajčne vsebine, mg holesterola v jajčni vsebini, mg holesterola/100 g svežega rumenjaka, mg holesterola/100 g jajčne vsebine, mg holesterola na jajce in mg holesterola/g jajca) so izračunane in izpeljane s pomočjo vsebnosti suhe snovi v rumenjakih, mase svežih rumenjakov, mase jajca in mase jajčne vsebine (preglednica 11).

Preglednica 11: Vsebnosti holesterola v jajcih prelux nesnic, izražene na različne načine (n = 12)*

Vsebnost holesterola (mg)	Križanka		
	prelux - R	prelux - G	prelux - Č
na g SS rumenjaka	21,56 ± 2,03	22,25 ± 1,72	22,49 ± 1,57
v svežem rumenjaku	208,44 ± 18,27	226,64 ± 25,87	219,76 ± 21,48
na g jajčne vsebine	3,25 ± 0,30	3,63 ± 0,38	3,43 ± 0,34
v jajčni vsebini	208,44 ± 18,27	226,64 ± 25,87	219,76 ± 21,48
na 100 g svežega rumenjaka	1085,48 ± 100,97	1117,17 ± 92,89	1137,78 ± 78,59
na 100 g jajčne vsebine	324,64 ± 30,42	362,75 ± 37,72	343,06 ± 33,84
na jajce	208,44 ± 18,27	226,64 ± 25,87	219,76 ± 21,48
na g jajca	2,85 ± 0,26	3,20 ± 0,33	3,03 ± 0,29

* število vzorcev po križanki

Srednja vrednost za vsebnost holesterola v rumenjaku je bila največja pri prelux-Č nesnicah ($11,38 \pm 0,77$ mg/g svežega rumenjaka), nato prelux-G ($11,17 \pm 0,93$ mg/g svežega rumenjaka), najmanjša srednja vrednost pa je bila v jajcih prelux-R ($10,87 \pm 1,01$ mg/g svežega rumenjaka). Najmanjšo vsebnost holesterola v rumenjaku ($8,35$ mg/g svežega rumenjaka) je imelo jajce prelux-R nesnice (preglednica 12), katero je imelo tudi najmanjšo vsebnost holesterola v celem jajcu ($166,76$ mg/jajce) (priloga A). Največjo vsebnost holesterola v rumenjaku ($13,18$ mg/g svežega rumenjaka) je imelo jajce prelux-G nesnice (preglednica 12), ki je imelo tudi največjo vsebnost holesterola v celem jajcu ($284,88$ mg/jajce) (priloga A). Največji standardni odklon v vsebnosti holesterola je bil pri

jajcih prelux-R nesnic (1,01 mg/g svežega rumenjaka) in najmanjši standardni odklon (0,79 mg/g svežega rumenjaka) pri jajcih prelux-Č nesnic (preglednica 12).

Preglednica 12: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g svežega rumenjaka) v jajcih nesnic prelux (n = 12)*

Križanka	Srednja vrednost	Najmanj	Največ	Standardni odklon
prelux – R	10,87	8,35	12,23	1,01
prelux – G	11,17	9,99	13,18	0,93
prelux – Č	11,38	9,74	12,65	0,77

* število vzorcev po križanki

4.4 VIRI VARIABILNOSTI V VSEBNOSTI HOLESTEROLA

Za proučitev virov variabilnosti v vsebnosti holesterola, smo v statistično analizo poleg naših rezultatov o vsebnosti holesterola v jajcih prelux križank vključili tudi vsebnosti holesterola v jajcih vseh slovenskih lokalnih pasem kokoši. Te vsebnosti holesterola (mg/g svežega rumenjaka ter mg holesterola v svežem rumenjaku) so v diplomskem delu Tavčar (2009) izračunane na zračno suho snov, zato smo jih mi zaradi usklajevanja enot pretvorili na suho snov.

V model 1 smo najprej vključili proizvodni tip kokoši kot sistematski vpliv na vsebnost holesterola v jajcih, in sicer lahki tip kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, prelux-G, prelux-Č in prelux-R) ter težki tip kokoši (slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš).

Preglednica 13: Srednje vrednosti po metodi najmanjših kvadratov s standardnimi napakami ocen za proizvodni tip kokoši (mg holesterola/g svežega rumenjaka)

Proizvodni tip kokoši	¹ LSM ± ² SEE	P vrednost
Lahki (nesni)	12,87 ± 0,14	P < 0,0001
Težki (mesni)	15,50 ± 0,27	

¹LSM – srednja vrednost po metodi najmanjših kvadratov ²SEE – standardna napaka ocene

Vpliv proizvodnega tipa (lahki in težki tip) na vsebnost holesterola v jajcih je bil statistično značilen ($P < 0,0001$), pri čemer so vsebovala jajca lahkega proizvodnega tipa $12,87 \pm 0,14$ mg holesterola/g svežega rumenjaka ter jajca težkega proizvodnega tipa $15,50 \pm 0,27$ mg holesterola/g svežega rumenjaka (preglednica 13).

Vpliv slovenskih lokalnih pasem in križank prelux na vsebnost holesterola v jajcih smo vključili v model 2. Statistična obdelava podatkov je obsegala slovenske lokalne pasme kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš) ter kokoši križanke (prelux-G, prelux-Č in prelux-R).

Preglednica 14: Srednje vrednosti po metodi najmanjših kvadratov s standardnimi napakami ocen za slovenske lokalne pasme kokoši in križanke prelux (mg holesterola/g svežega rumenjaka)

Čiste pasme / križanke	¹ LSM \pm ² SEE	P vrednost
Slovenske lokalne pasme kokoši	14,62 \pm 0,12	P < 0,0001
Križanke prelux	11,14 \pm 0,17	

¹LSM – srednja vrednost po metodi najmanjših kvadratov ²SEE – standardna napaka ocene

Jajca slovenskih lokalnih pasem kokoši so vsebovala značilno ($P < 0,0001$) več holesterola v rumenjaku ($14,62 \pm 0,12$ mg/g svežega rumenjaka) kot jajca križank prelux ($11,14 \pm 0,17$ mg/g svežega rumenjaka) (preglednica 14).

V model 3 smo vključili vpliv genotipa kokoši na vsebnost holesterola v jajcih, in sicer nesnice prelux-Č, prelux-G, prelux-R, slovensko grahasto kokoš, slovensko rjavo kokoš, slovensko srebrno kokoš, štajersko kokoš, slovensko zgodaj operjeno kokoš ter slovensko pozno operjeno kokoš.

Med križankami ni značilnih ($P > 0,05$) razlik v vsebnosti holesterola v jajcih. Med križankami in ostalimi kokošmi (G, PO, R, S, ŠK in ZO) je značilna ($P < 0,001$) razlika v vsebnosti holesterola v jajcu. Slovenska zgodaj operjena kokoš (ZO) ima značilno ($P < 0,005$) več holesterola v rumenjaku od vseh ostalih kokoši (preglednica 15).

Preglednica 15: Ocene srednjih vrednosti s standardnimi napakami ocen ter statistična značilnost razlik v vsebnosti holesterola v jajcih (mg/g svežega rumenjaka) med različnimi genotipi kokoši

Pasma	¹ LSM ± ² SEE	Statistična značilnost razlik v vsebnosti holesterola v jajcu med različnimi genotipi kokoši									
		PČ	PG	PR	G	PO	R	S	ŠK	ZO	
PČ	11,38 ^a ± 0,24	•	0,9995	0,8611	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
PG	11,16 ^a ± 0,24		•	0,9943	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
PR	10,86 ^a ± 0,24			•	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
G	15,10 ^b ± 0,24				•	0,5655	0,0016	0,0009	0,4910	0,0009	
PO	14,41 ^{bc} ± 0,24					•	0,4291	0,3397	1,0000	<.0001	
R	13,65 ^c ± 0,24						•	1,0000	0,5018	<.0001	
S	13,60 ^c ± 0,24							•	0,4066	<.0001	
ŠK	14,37 ^{bc} ± 0,24								•	<.0001	
ZO	16,59 ^d ± 0,24										•

PČ – prelux-Č PG – prelux-G PR – prelux-R G - slovenska grahasta kokoš PO - slovenska pozno operjena kokoš R - slovenska rjava kokoš S - slovenska srebrna kokoš ŠK - štajerska kokoš ZO - slovenska zgodaj operjena kokoš.

Statistično značilno: P ≤ 0,05; Statistično neznačilno: P > 0,05

a,b,c,d - vrednosti v stolpcu, ki si delijo skupen nadpis, se statistično značilno ne razlikujejo (P > 0,05)

¹LSM – srednja vrednost po metodi najmanjših kvadratov ²SEE – standardna napaka ocene

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Na oddelku za zootehniko izvajajo selekcijsko delo na slovenskih tradicionalnih pasmah kokoši in njihovih križankah prelux. Namen naloge je bil določiti vsebnost holesterola v jajcih slovenskih komercialnih križank (prelux-R, prelux-G in prelux-Č) in te rezultate, s pomočjo statistične obdelave podatkov, primerjati z vsebnostjo holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši (slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, slovenska grahasta kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš, slovenska pozno operjena kokoš in štajerska kokoš), ki jih je določila Tavčar (2009). Za vsak naveden genotip (preglednica 16), v starosti 50 tednov, je bilo stehtanih 12 najtežjih jajc, odbranih iz trideset naključno izbranih jajc. Vsebnost holesterola v jajcih smo določili v laboratoriju Katedre za prehrano s pomočjo spektrofotometrične metode z železovim(III) kloridom (Boehringer-Mannheim, 1987).

Masa jajca, beljaka, rumenjaka in jajčne vsebine

Tavčar (2009) je v poskusu ugotovila, da pasma značilno ($P < 0,0001$) vpliva na maso jajca, maso beljaka in jajčne vsebine, medtem ko na maso rumenjaka nima značilnega vpliva ($P = 0,1189$). Tudi nekateri avtorji (Basmacioglu in Ergül, 2005; Johansson, 2010; Rizzi in Marangon, 2012; Vits in sod., 2005) navajajo, da genotip značilno vpliva na maso jajca. Njihovi poskusi so pokazali, da imajo nesnice, ki nesejo jajca z rjavo barvo lupine težja jajca kot nesnice, ki nesejo jajca z belo barvo lupine. Obstaja visoka korelacija med maso jajca ter maso beljaka, rumenjaka in jajčne lupine in sicer od 0,67 do 0,97 (Zhang in sod., 2005). Tavčar (2009) navaja, da proizvodni tip kokoši značilno vpliva na maso jajca ($P = 0,0001$), maso rumenjaka ($P < 0,0001$) ter na maso jajčne vsebine ($P < 0,0001$), ne vpliva pa na maso beljaka ($P = 0,6258$). Masa jajca in masa rumenjaka se značilno ($P < 0,001$) povečujeta s starostjo nesnice (Zita in sod., 2009; Tůmová in Ledvinka, 2009).

S križanjem slovenskih tradicionalnih pasem kokoši (slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš in slovenska grahasta kokoš) smo dobili tri križanke (prelux-R, prelux-G in prelux-Č). Po pričakovanjih je primerjava med jajci slovenskih tradicionalnih pasem

kokoši ter jajci njihovih križank pokazala, da so jajca križank v povprečju težja in imajo tudi težje rumenjake od pasemskih kokoši. Križanka prelux-R, ki sodi med lahke nesnice s telesno maso 2,2 kg, ki jo doseže po enem letu nesnosti (Holcman in sod., 2014) ima v povprečju najtežja jajca ($73,09 \pm 2,02$ g), najtežje beljake ($45,02 \pm 2,72$ g) ter najtežjo jajčno vsebino ($64,27 \pm 2,10$ g). Slovenska grahasta kokoš ima med tradicionalnimi pasmami lahkega tipa najlažja jajca ($65,79 \pm 1,98$ g), ki imajo tudi najlažje beljake ($40,50 \pm 1,84$ g). Najtežje rumenjake imajo jajca nesnic prelux-G $20,27 \pm 1,31$ g, najlažja pa jajca slovenske srebrne kokoši in sicer $17,77 \pm 0,95$ g. Med vsemi kokošmi ima avtohtona pasma štajerska kokoš v povprečju najlažja jajca, beljake, rumenjake in jajčno vsebino (preglednica 16).

Preglednica 16: Mase jajc in mase posameznih delov jajc slovenskih lokalnih pasem kokoši in prelux nesnic (n = 12)*

	Genotip	Masa jajca (g)	Masa beljaka (g)	Masa rumenjaka (g)	Masa jajčne vsebine (g)
Slovenske lokalne pasme kokoši (Tavčar, 2009)	R	$68,53 \pm 2,84$	$40,57 \pm 2,47$	$18,35 \pm 0,84$	$58,92 \pm 2,42$
	S	$70,41 \pm 2,91$	$44,25 \pm 2,86$	$17,77 \pm 0,95$	$62,02 \pm 2,77$
	G	$65,79 \pm 1,98$	$40,50 \pm 1,84$	$18,56 \pm 1,30$	$59,06 \pm 2,08$
	ZO	$68,66 \pm 3,10$	$39,81 \pm 2,84$	$20,93 \pm 1,47$	$60,74 \pm 3,11$
	PO	$67,76 \pm 2,54$	$39,83 \pm 1,91$	$20,33 \pm 1,30$	$60,16 \pm 2,39$
	ŠK	$54,86 \pm 1,20$	$31,65 \pm 0,78$	$17,23 \pm 0,73$	$48,88 \pm 1,14$
Slovenski komercialni križanci prelux	Prelux-R	$73,09 \pm 2,02$	$45,02 \pm 2,72$	$19,25 \pm 1,19$	$64,27 \pm 2,10$
	Prelux-G	$70,80 \pm 2,99$	$42,22 \pm 3,54$	$20,27 \pm 1,31$	$62,49 \pm 3,07$
	Prelux-Č	$72,69 \pm 3,44$	$44,85 \pm 3,18$	$19,30 \pm 0,99$	$64,15 \pm 3,05$

R - Slovenska rjava kokoš S - Slovenska srebrna kokoš G - Slovenska grahasta kokoš ZO - Slovenska zgodaj operjena kokoš PO - Slovenska pozno operjena kokoš ŠK - Štajerska kokoš

* število vzorcev po genotipu

Tudi Rizzi in Marangon (2012) navajata, da imajo komercialni križanci (hy-line brown in hy-line white) značilno ($P < 0,01$) večjo maso jajc ($62,9$ g in $60,4$ g) kot italijanski pasmi ermellinata di rovigo in robusta maculata ($54,4$ g in $56,5$ g). Značilno ($P < 0,01$) večja je pri križankah tudi masa beljakov ($40,7$ g in $38,3$ g) v primerjavi z masami beljakov pri

pasmah (32,7 g in 34,1 g). Masa rumenjakov je pri pasemskih kokoših večja kot pri križankah.

Vsebnosti holesterola v jajcih prelux nesnic in slovenskih lokalnih pasem kokoši

Jajca prelux nesnic so vsebovala približno enako količino holesterola v rumenjaku (preglednica 17) in med njimi ni bilo ugotovljenih značilnih ($P > 0,05$) razlik (preglednica 15). Jajca prelux-R nesnic so vsebovala neznačilno manj holesterola v rumenjaku, in sicer $10,87 \pm 1,01$ mg/g rumenjaka, kot jajca prelux-G ter prelux-Č, $11,17 \pm 0,93$ mg/g rumenjaka ter $11,38 \pm 0,77$ mg/g rumenjaka (preglednica 17).

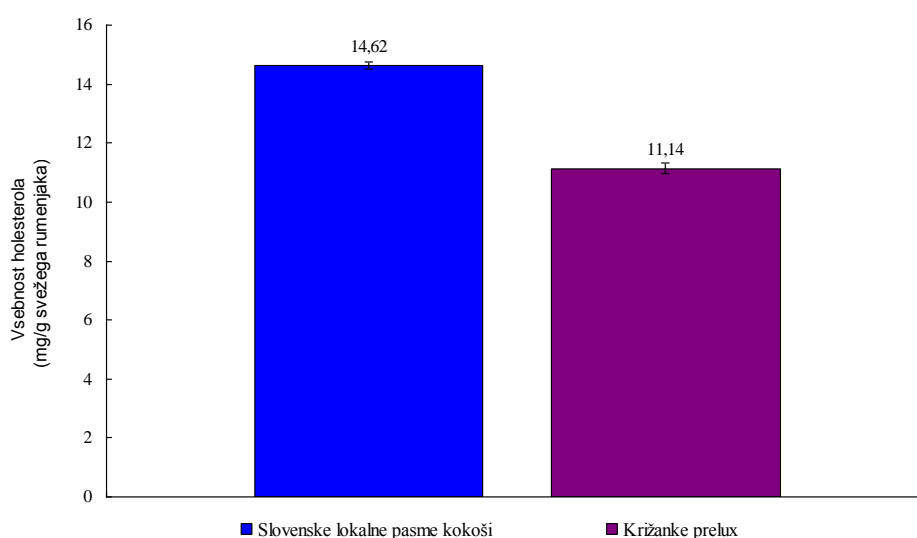
Preglednica 17: Vsebnosti holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši in prelux nesnic

	Genotip	mg holesterola v svežem rumenjaku	mg holesterola/g svežega rumenjaka
		srednja vrednost \pm standarni odklon	
Slovenske lokalne pasme kokoši (Tavčar, 2009)	R	$259,65 \pm 20,89$	$13,66 \pm 1,64$
	S	$249,19 \pm 15,73$	$13,61 \pm 0,85$
	G	$277,47 \pm 39,50$	$15,10 \pm 1,60$
	ZO	$331,51 \pm 39,47$	$16,60 \pm 1,12$
	PO	$308,26 \pm 37,32$	$14,41 \pm 1,75$
	ŠK	$253,31 \pm 17,92$	$14,37 \pm 0,77$
Slovenske komercialne križanke prelux	Prelux-R	$208,44 \pm 18,27$	$10,87 \pm 1,01$
	Prelux-G	$226,64 \pm 25,87$	$11,17 \pm 0,93$
	Prelux-Č	$219,76 \pm 21,48$	$11,38 \pm 0,77$

R - Slovenska rjava kokoš S - Slovenska srebrna kokoš G - Slovenska grahasta kokoš ZO - Slovenska zgodaj operjena kokoš PO - Slovenska pozno operjena kokoš ŠK - Štajerska kokoš

Holcman in sod. (2004) navajajo, da jajca pasemskih kokoši vsebujejo več holesterola kot jajca kokoši križank. Vsebnost holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš) so vsebovala od najmanj $13,61 \pm 0,85$ mg/g svežega rumenjaka pri slovenski srebrni kokoši do $16,60 \pm$

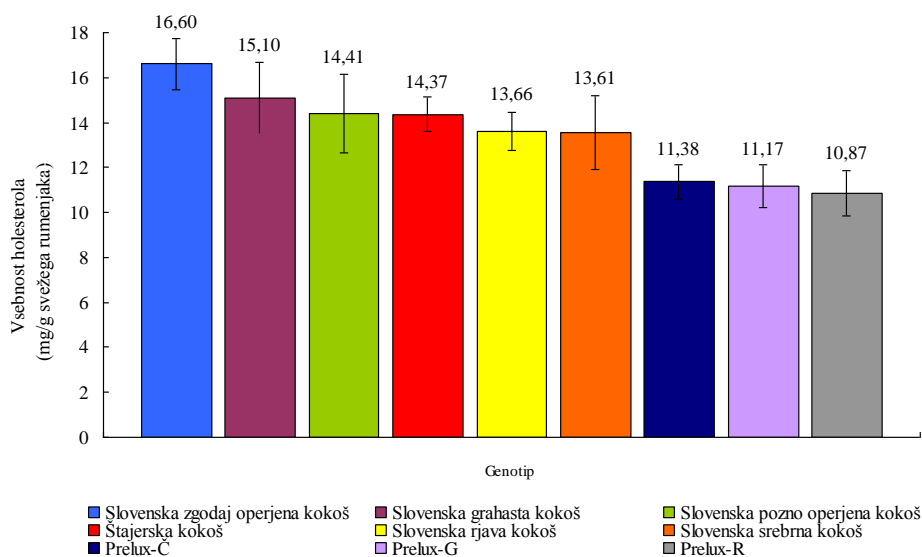
1,12 mg/g svežega rumenjaka pri slovenski zgodaj operjeni kokoši (preglednica 17). Tudi v naši primerjavi so jajca slovenskih lokalnih pasem kokoši v povprečju vsebovala značilno ($P < 0,0001$) več holesterola v rumenjaku ($14,62 \pm 0,12$ mg/g svežega rumenjaka) kot jajca križank prelux-R, prelux-G in prelux-Č ($11,14 \pm 0,17$ mg/g svežega rumenjaka) in to za kar 3,48 mg holesterola/g rumenjaka (preglednica 14, slika 2). Millet in sod. (2006) navajajo, da imajo jajca kokoši araukana 14,11 mg holesterola na gram rumenjaka, kar je podobno povprečni vsebnosti holesterola v rumenjakih jajc slovenskih lokalnih pasem kokoši ($14,62 \pm 0,12$ mg holesterola na gram svežega rumenjaka) (slika 2).



Slika 2: Razlika v vsebnosti holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši in križank prelux

Tudi Simčič in sod. (2009) so ugotovili značilno ($P < 0,0001$) večjo vsebnost holesterola v jajcih slovenske avtohtone pasme, tako v baterijski kot v pašni reji ($13,1 \pm 0,43$ mg/g rumenjaka in $13,6 \pm 0,22$ mg/g rumenjaka), kot v jajcih komercialne križanke ISA brown ($11,4 \pm 0,49$ mg/g rumenjaka in $11,8 \pm 0,30$ mg/g rumenjaka) (preglednica 7). Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Pavlovski in sod. (2011). Jajca iz pašne reje kokoši golovratke so vsebovala večjo vsebnost holesterola ($237,57$ mg/100g jajca) kot jajca iz pašne reje nesnic hy line ($177,18$ mg/100g jajca). Tudi jajca kokoši pasme ermellinata di rovigio in robusta maculata so v poskusu avtorjev Rizzi in Marangon (2012) vsebovala značilno ($P < 0,01$) več holesterola (256 mg/jajce in 259 mg/jajce) kot jajca križank hy-line brown in hy-line white (216 mg/jajce in 222 mg/jajce).

Jajca prelux nesnic imajo v primerjavi s slovenskimi lokalnimi pasmami kokoši značilno ($P < 0,0001$) manjšo vsebnost holesterola v jajcih (preglednica 15). Najmanjšo vsebnost holesterola v rumenjaku so imela jajca prelux-R nesnic ($10,87 \pm 1,01$ mg/g rumenjaka in $208,44 \pm 18,27$ mg/rumenjak), največjo pa jajca slovenske zgodaj operjene kokoši ($16,60 \pm 1,12$ mg/g rumenjaka in $331,51 \pm 39,47$ mg/rumenjak) (preglednica 17, slika 3).

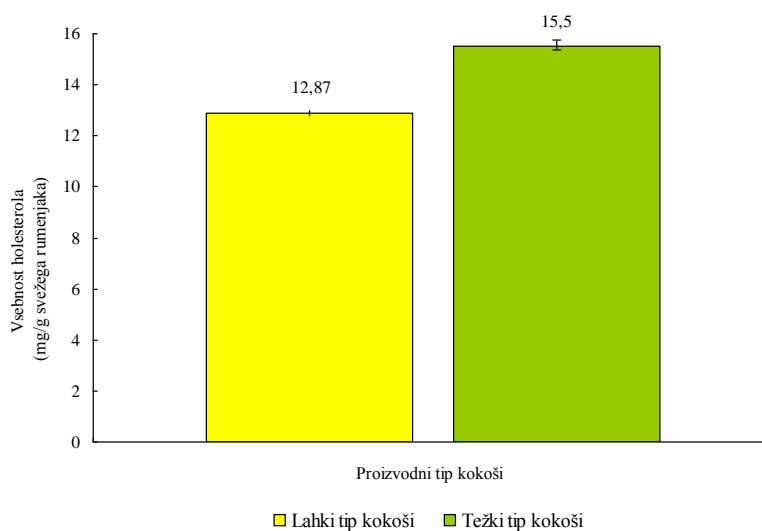


Slika 3: Vpliv genotipa na vsebnost holesterola v jajcih

Jajca kokoši težkega proizvodnega tipa vsebujejo več holesterola kot jajca kokoši nesnic lahkega proizvodnega tipa (Holcman in sod., 2004). Jajca lahkega proizvodnega tipa kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, štajerska kokoš, prelux-G, prelux-Č in prelux-R) so v povprečju vsebovala $12,87 \pm 0,14$ mg holesterola/g rumenjaka, kar je za $2,63$ mg holesterola na g rumenjaka manj ($P < 0,0001$) kot jajca težkega proizvodnega tipa kokoši (slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš) s $15,50 \pm 0,27$ mg holesterola/g rumenjaka (slika 4, preglednica 13). Do enakega sklepa sta v svojih raziskavah prišli tudi Intihar (2006) in Tavčar (2009). Dikmen in Sahan (2007) sta pri starših pitovnih piščancev ross 308, pri starosti 45 in 65 tednov, ugotovila vsebnost holesterola v jajcih $15,34 \pm 0,65$ mg/g rumenjaka in $15,64 \pm 0,71$ mg/g rumenjaka, kar je podobna vrednost vsebnosti holesterola kot v jajcih 50 tednov starih kokoši slovenske grahaste kokoši, slovenske pozno operjene kokoši ter slovenske zgodaj operjene kokoši ($15,10 \pm 1,60$ mg/g svežega rumenjaka, $14,41$

$\pm 1,75$ mg/g svežega rumenjaka in $16,59 \pm 1,12$ mg/g svežega rumenjaka) (preglednica 17).

Rizzi in Marangon (2012) sta primerjala vsebnost holesterola v jajcih dveh križank (hy-line brown in hy-line white), ki sta usmerjeni v prirejo jajc ter dveh italijanskih pasem kokoši ermellinata di rovigio in robusta maculata, ki sta usmerjeni v prirejo mesa in jajc. Ugotovila sta, da vsebujejo jajca iz pašne reje pasem ermellinata di rovigio in robusta maculata značilno ($P < 0,01$) več holesterola (256 mg/jajce in 259 mg/jajce) kot jajca iz pašne reje križank hy-line brown in hy-line white (216 mg/jajce in 222 mg/jajce).



Slika 4: Vpliv proizvodnega tipa kokoši na vsebnost holesterola v jajcih

Preglednica 18 prikazuje vsebnosti holesterola v jajcih različnih križank in pasem, ki smo jih našli v literaturi. Podatke iz te preglednice je težko primerjati med seboj in z rezultati našega poskusa, kajti v prikazanih poskusih so bili uporabljeni različni genotipi živali, reja je potekala v različnih sistemih reje, jajca so bila vzorčena pri različnih starostih, kokoši so bile krmljene z različnimi krmnimi mešanici, holesterol v jajcih pa določen po različnih protokolih. Križanke babcock-300, white lohmann LSL, brown ATAK-S ISA brown (preglednica 18) imajo večjo vsebnost holesterola v jajcih kot križanke prelux (preglednica 17 in preglednica 12).

Preglednica 18: Vsebnost holesterola v jajcih različnih pasem kokoši in križank

Križanka	Vsebnost holesterola (mg/g rumenjaka)		Vir
	Baterijska reja	Pašna reja	
Hy line	197,26 ^a	177,18 ^a	Pavlovski in sod., 2011
Hy-line white	/	222 ^c	Rizzi in Marangon, 2012
Hy-line brown	/	216 ^c	Rizzi in Marangon, 2012
Hy line brown	163,42 ^d	165,38 ^d	Anderson, 2011
Babcock-300	13,32 ± 0,064 ^b		Basmacıoglu in Ergül, 2005
White lohmann LSL	14,90	14,17	Kücükyilmaz in sod., 2012
Brown ATAK-S	14,08	14,83	Kücükyilmaz in sod., 2012
ISA brown	13,76 ± 0,064 ^b		Basmacıoglu in Ergül, 2005
ISA brown	11,4 ± 0,49	11,8 ± 0,30	Simčič in sod., 2009
ISA brown	13,30	13,40	Zemkova in sod., 2007
Pasma			
Štajerska kokoš	13,1 ± 0,43	13,6 ± 0,22	Simčič in sod., 2009
Araucana	14,11	/	Millet in sod., 2006
Hrvatica	/	12,6	Mikec in Dinarina-Sablić, 2007; cit. po Simčič in sod., 2009
Greenleg partidge (Z11)	14,0 ± 0,50 ^e	13,8 ± 0,60	Krawczyk in sod., 2011
Yellowleg partidge (Z33)	14,5 ± 0,30 ^e	14,0 ± 0,20	Krawczyk in sod., 2011
Rjava pritlikava	15,30	/	Yin in sod., 2008
White leghorn	13,20	/	Yin in sod., 2008
White leghorn	20 ± 0,5	/	El Bagir in sod., 2006
Silky fowl	9,74 ± 1,27	/	Yang in sod., 2013
Lushi fowl	7,99 ± 1,49	/	Yang in sod., 2013
Starši pitovnih piščancev Ross 308	15,34 ± 0,65	/	Dikmen in Sahan, 2007
Ermellinata di Rovigo	/	256 ^c	Rizzi in Marangon, 2012
Robusta maculata	/	259 ^c	Rizzi in Marangon, 2012
Golovratka ("Naked neck")	/	237,57 ^a	Pavlovski in sod., 2011

a- mg holesterola/100g jajca b- način reje ni naveden c- mg holesterola/jajce d- mg/50 g jajca e- talna reja

5.2 SKLEPI

Na osnovi dobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje sklepe:

- ⇒ Povprečna masa jajc, v katerih smo določili vsebnost holesterola, je bila pri križankah prelux-R in prelux-Č največja in sicer $73,09 \pm 2,02$ g ter $72,69 \pm 3,44$ g, pri prelux-G pa $70,80 \pm 2,99$ g.
- ⇒ Povprečna masa rumenjaka je bila pri vseh treh križankah podobna, največja je bila v jajcih prelux-G ($20,27 \pm 1,31$ g), nato prelux-Č ($19,30 \pm 0,99$ g) ter najmanjša v jajcih prelux-R ($19,25 \pm 1,19$ g).
- ⇒ Delež rumenjaka v jajčni vsebini je bil največji pri prelux-G ($32,44 \pm 2,19$ %), nato pri prelux-Č ($30,8 \pm 2,02$ %) in najmanjši pri prelux-R ($29,95 \pm 1,65$ %).
- ⇒ Razmerje med maso rumenjaka in maso beljaka je bilo v jajcih križank podobno. Širše razmerje je bilo pri prelux-Č in prelux-R (1 : 2,3) in ožje pri prelux- G (1 : 2,1).
- ⇒ V jajcih prelux-Č in prelux-G smo določili podobno vsebnost holesterola in sicer $11,38 \pm 0,77$ mg holesterola/g svežega rumenjaka ter $11,17 \pm 0,93$ mg holesterola/g svežega rumenjaka. Nekoliko manjša vsebnost holesterola je bila v jajcih prelux-R in sicer $10,87 \pm 1,01$ mg holesterola/g svežega rumenjaka. Razlike v vsebnosti holesterola v svežih rumenjakih jajc med križankami niso bile statistično značilne ($P > 0,05$).
- ⇒ Proizvodni tip kokoši (lahki, težki tip) značilno ($P < 0,0001$) vpliva na vsebnost holesterola v svežem rumenjaku. Kokoši težkega (mesnega) proizvodnega tipa so nesle jajca z značilno ($P < 0,0001$) večjo vsebnostjo holesterola v rumenjaku kot kokoši lahkega (nesnega) tipa.
- ⇒ Med slovenskimi lokalnimi pasmami kokoši in križankami prelux obstajajo značilne ($P < 0,0001$) razlike v vsebnosti holesterola v svežem rumenjaku. Jajca

križank (prelux-G, prelux-Č in prelux-R) imajo značilno ($P < 0,0001$) manj holesterola v rumenjaku kot jajca slovenskih lokalnih pasem kokoši (G, R, S, ZO, PO in ŠK).

6 POVZETEK

Jajca so dober vir visoko kakovostnih beljakovin, karotenoidov, esencialnih maščobnih kislin ter vitaminov in mineralov. Glede na sodobne prehranske smernice, vključitev jajc v prehrano omogoča lažje doseganje uravnotežene prehrane preko vnosa priporočenih vrednosti hranil v telo. Poleg tega so jajca tudi poceni živilo, ki je dostopno vsem, zlasti revnemu delu prebivalstva (Kanter in sod., 2012).

Določili smo vsebnost holesterola v jajcih slovenskih komercialnih križank (prelux-R, prelux-Č in prelux-G). Dobljene vrednosti smo primerjali z vsebnostjo holesterola v jajcih slovenskih tradicionalnih pasem kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš in slovenska pozno operjena kokoš) ter slovenske avtohtone pasme kokoši (štajerska kokoš), katerih vsebnosti je določila Tavčar (2009).

Za določitev holesterola smo od skupno 30 naključno izbranih jajc po križanki odbrali 12 najtežjih. Rumenjake in beljake smo ločili ročno. Vsak rumenjak je predstavljal svoj vzorec. Pripravili smo liofilizirane vzorce rumenjakov, v katerih smo določili vsebnost suhe snovi ter vsebnost holesterola s spektrofotometrično metodo z železovim(III) kloridom. Vzorce smo analizirali v dveh ponovitvah.

V jajcih prelux nesnic smo določili podobne vrednosti holesterola. Največje povprečne vrednosti holesterola so bile v jajcih prelux-Č ($11,38 \pm 0,77$ mg/g svežega rumenjaka), nato prelux-G ($11,17 \pm 0,93$ mg/g svežega rumenjaka) in prelux-R ($10,87 \pm 1,01$ mg/g svežega rumenjaka). Statistična analiza ni pokazala značilnih ($P > 0,05$) razlik v vsebnosti holesterola v svežem rumenjaku jajc prelux kokoši. Jajca prelux-R nesnic so bila v povprečju najtežja ($73,09 \pm 2,02$ g) in so vsebovala v povprečju manj holesterola ($10,87 \pm 1,01$ mg/g svežega rumenjaka) kot jajca drugih dveh križank.

Jajca slovenskih komercialnih križank vsebujejo značilno ($P < 0,0001$) manj holesterola kot jajca slovenskih lokalnih pasem kokoši (slovenska grahasta kokoš, slovenska rjava kokoš, slovenska srebrna kokoš, slovenska zgodaj operjena kokoš, slovenska pozno operjena kokoš in štajerska kokoš).

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 international. 2000. Solids (total) in eggs. V: Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. Horwitz W. (ed.). Gainthersburg, Association of official analytical chemists. Official method 925. 30.
- Aquino J. S., Silva J. A. 2010. Total lipids, cholesterol and fatty acids composition of ostrich eggs: a methodological approach. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 69, 4: 588-594
- Arnold D. R., Kwiterovich P. O. Jr. 2003. Cholesterol, Absorption, function, and metabolism. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Second edition. Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 1226-1237
- Aydin R., Karaman M., Cicek T., Yardibi H. 2008. Black cumin (*Nigella sativa* L.) supplementation into the diet of the laying hen positively influences egg yield parameters, shell quality, and decreases egg cholesterol. *Poultry Science*, 87, 12: 2590-2595.
- Aziz Z., Cyriac S., Beena V., Philomina P. T. 2012. Comparison of cholesterol content in chicken, duck and quail eggs. *Journal of Veterinary Science*, 43: 64-66
- Basmacıoglu H., Çabuk M., Ünal K., Özkan K., Akkan S., Yalçın H. 2003. Effects of dietary fish oil and flax seed on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hens. *South African Journal of Animal Science*, 33, 4: 266-273

- Basmacıoğlu H., Ergül M. 2005. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens. The effects of genotype and rearing system. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 29: 157-164
- Belyavin C. G. 2003. Eggs, The use of fresh eggs. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Second edition. Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 1996-2000
- Boehringer – Mannheim. 1987. Colorimetric method for the determination of cholesterol in foodstuffs and other materials. Catalogue No. 139 050
- Boyer R. F. 2005. *Temelji biokemije*. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.
- Bragagnolo N., Rodriguez-Amaya D. B. 2003. Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 147-153
- Dikmen B. Y., Sahan U. 2007. Correlations between breeder age, egg cholesterol content, blood cholesterol level and hatchability of broiler breeders. *British Poultry Science*, 48, 1: 98-103
- El Bagir N. M., Hama A. Y., Hamed R. M., Abd El Rahim A. G., Beynen A. C. 2006. Lipid composition of egg yolk and serum in laying hens fed diets containing black cumin (*Nigella sativa*). *International Journal of Poultry Science* 5, 6: 574-578
- Farrell D. The role of poultry in human nutrition. How important is cholesterol in eggs?
Food and Agriculture Organization of the United Nations. Poultry development review: 2 str.
www.fao.org/docrep/013/al709e/al709e00.pdf (2.6.2015)
- Gellermann-Schultes C., Heimann D., Vogel G. 2005. Na pomoč! Holesterol. Priročnik. Ptuj, In obs medicus: 80 str.

- Golzar Adabi S. H., Ahbab M., Fani A. R., Hajbabaei A., Ceylan N., Cooper R. G. 2013. Egg yolk fatty acid profile of avian species – influence on human nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 1: 27-38
- Grundy S.M. 2003. Cholesterol, Factors determining blood cholesterol levels. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Second edition. Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 1237-1243
- 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. Dreu S. (ur.). Ljubljana, Kmečki glas: 152 str.
- Holesterol. 2007. V: *Slovenski medicinski slovar*. Tretja izdaja. Kališnik, M. (ur.). Ljubljana, Medicinska fakulteta: 397
- Hollenbeck C. B. 2010. The importance of being choline. *Journal of the American Dietetic Association*, 110, 8: 1162-1165
- Huffman F. G., Koutoubi S., Nath S. 2003. Coronary heart disease, Etiology and risk factor. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Second edition. Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 1647-1654
- Hur S. J., Kang G. H., Jeong J. Y., Yang H. S., Ha Y. L., Park G. B., Joo S. T. 2003. Effect of dietary conjugated linoleic acid on lipid characteristics of egg yolk. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16, 8: 1165-1170
- Hussein A. A., Idris A. A., Eljack B. H., Ibrahim M. T. 2012. Effect of age, season and housing system on cholesterol and fatty acids contents of table eggs. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 2, 1: 35-39

- Intihar A. 2006. Vsebnost holesterola v jajcih treh linij kokoši. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 57 str.
- Johansson A. 2010. Effects of genotype, age and feed on the fat components of egg yolk. SLU. Swedish university of agricultural science. Department of animal nutrition and management: 27 str.
stud.epsilon.slu.se/2199/1/johansson_a_110126.pdf
- Kanter M. M., Kris-Etherton P. M., Luz Fernandez M., Vickers K. C., Katz D. L. 2012. Exploring the factors that affect blood cholesterol and heart disease risk: is dietary cholesterol as bad for you as history leads us to believe? *Advances in Nutrition*, 3: 711-717
- Kaźmierska M., Jarosz B., Korzeniowska M., Trziszka T., Dobrzański Z. 2005. Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 14/55, 1: 69-73
- 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. *European Poultry Science*, 75, 3: 151-157
- Kritchevsky D. 2005. Coronary heart disease, Lipid theory. V: *Encyclopedia of human nutrition*. Second edition. Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 482-487
- Küçükyılmaz K., Bozkurt M., Herken E. N., Çinar M., Çath A. U., Bintas E., Çöven F. 2012. Effects of rearing systems on performance, egg characteristics and immune response in two layer hen genotype. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25, 4: 559-568
- Laker M. 2005. Kako razumeti holesterol. Ljubljana, Pisanica: 91 str.
- Li Y., Zhou C., Zhou X., Li L. 2013. Egg consumption and risk of cardiovascular disease and diabetes: A meta-analysis. *Atherosclerosis*, 229, 2: 524-530

Lichtenstein A. H., Appel L. J., Brands M., Carnethon M., Daniels S., Franch H. A., Franklin B., Kris-Etherton P., Harris W. S., Howard B., Karanja N., Lefevre M., Rudel L., Sacks F., Horn L. Van, Winston M., Wylie-Rosett J. 2006. Diet and lifestyle recommendations revision 2006. A scientific statement from the American heart association nutrition committee. *Circulation*, 114: 82-96

Liu X., Zhao H. L., Thiessen S., House J. D., Jones P. J. H. 2010. Effect of plant sterol-enriched diets on plasma and egg yolk cholesterol concentrations and cholesterol metabolism in laying hens. *Poultry Science*, 89, 2: 270-275

Ločniškar F. 1983. Reja perutnine. Ljubljana, Kmečki glas: 199 str.

McNamara D.J. 2005. Cholesterol: Sources, Absorption, Function and Metabolism. V: *Encyclopedia of human nutrition*. Second edition. Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 379-385

McNamara D.J., Thesmar H.S. 2005. Eggs. V: *Encyclopedia of human nutrition*. Second edition. Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 86-92

Millet S., De Ceulaer K., Van Paemel M., Raes K., De Smet S., Janssens G. P. 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 systems. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 1: 728-730

National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service.

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/> (7.1.2015)

- Pavlovski Z., Škrbič Z., Lukić M., Lilić S., Krnjaja V., Stanišić N., Petričević V. 2011. Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content in table eggs from different genotype hens. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27, 3: 669-677
- PRC za perutninarstvo. Biotehniška fakulteta, oddelek za zootehniko. www.bf.uni-lj.si/zootehnika/struktura/katedre-in-enote/za-znanost-o-rejah-zivali/prc-za-perutninarstvo/ (9.12.2014)
- Qureshi A. I., Fareed K. S. M., Ahmed S., Nasar A., Divani A. A., Kirmani J. F. 2007. Regular egg consumption does not increase the risk of stroke and cardiovascular diseases. *Medical Science Monitor*, 13, 1: 1-8
- Rahimi G. 2005. Dietary forage legume (*Onobrychis altissima* grossh.) supplementation on serum/yolk cholesterol, triglycerides and egg shell characteristic in laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 4, 10: 772-776
- Rizzi C., Marangon A. 2012. Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry science*, 91, 9: 2330-2340
- Rong Y., Chen L., Zhu t., Song Y., Yu M., Shan Z., Sands A., Hu F. B., Liu L. 2013. Egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*, 346: e8539, doi: 10.1136/bmj.e5839: 13 str.
- Salma U., Miah A. G., Tareq K. M., Maki T., Tsujii H. 2007. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on egg-yolk cholesterol and laying hen performance. *Poultry Science*, 86, 4: 714-719
- SAS Inst. Inc. 2009. The SAS System for Windows, Release 9.2. Cary, NC, SAS Institute
- Selvan S. T., Gopi H., Natrajan A., Pandian C., Babu M. 2014. Physical characteristics, chemical composition and fatty acid profile of ostrich eggs. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3, 6: 2242-2249

- Shireman R.M. 2003. Cholesterol, Role of cholesterol in heart disease. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Second edition. Trugo L. C., Finglas P. M. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 1243-1250
- 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
- Smolin L. A., Grosvenor M. B. 2008. Nutrition: science and applications. Hoboken, J. Wiley and Sons: 745 str.
- Srinath Reddy K. 2005. Coronary heart disease, Prevention. V: Encyclopedia of human nutrition. Second edition. Allen L., Prentice A. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 487-494
- Šupe A. 2013. Resnice in laži o hrani : z izvorno prehrano do boljšega zdravja in primerne telesne teže. Priročnik, Ljubljana, Ara: 246 str.
- Tavčar T. 2009. Vsebnost holesterola v jajcih slovenskih lokalnih pasem kokoši. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 90 str.
- Tůmová E., Ledvinka Z. 2009. The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg components weight and eggshell quality. European Poultry Science (EPS), Archiv für Geflügelkunde, 73, 2: 110–115
- Vits A., Weitzenbürger D., Hamann H., Distl O. 2005. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. Poultry Science, 84, 10: 1511-1519
- Wang L., Huo G. 2010. The effects of dietary fatty acid pattern on layer's performance and egg quality. Agricultural Sciences in China, 9, 2: 280-285

- Yang P. K., Tian Y. D., Sun G. R. Jiang R. R., Han R. L., Kang X. T. 2013. Deposition rule of yolk cholesterol in two different breeds of laying hens. *Genetics and Molecular Research*, 12, 4: 5786-5792
- Yin J. D., Shang X. G., Li D. F., Wang F. L., Guan Y. F., Wang Z. Y. 2008. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks from different breeds of layers. *Poultry Science*, 87, 2: 284-290
- Zemková L., Simeonovová J., Lichovniková 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
- Zhang L.C., Ning Z.H., Xu G.Y., Hou Z.C., Yang N. 2005. Heritabilities and Genetic and Phenotypic Correlations of Egg Quality Traits in Brown-Egg Dwarf Layers. *Poultry Science*, 84, 8: 1209-1213
- Zita L., Tůmová E., Štolc L. 2009. Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno*, 78, 1: 85-91

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici prof. dr. Antoniji Holcman za vso strokovno pomoč, vodenje, koristne nasvete, naklonjen čas ter večkratni pregled diplomskega dela.

Za vso strokovno pomoč in spodbudo pri opravljanju analize ter svetovanje se iskreno zahvaljujem somentorici asist. dr. Alenki Levart.

Za pomoč pri statistični obdelavi podatkov ter pregledu diplomskega dela se zahvaljujem recenzentu doc. dr. Dušanu Terčiču.

Zahvaljujem se predsedniku komisije prof. dr. Andreju Lavrenčiču za pregled diplomskega dela.

Največja zahvala gre moji družini, ki mi je ves čas stala ob strani in me podpirala v času študija.

PRILOGE

Priloga A:

Vsebnost holesterola v jajcih križank prelux

Laboratorijska številka vzorca	mg/g suhe snovi rumenjaka	mg/g svežega rumenjaka	mg/g jajca	mg/g jajčne vsebine	mg/jajce
732/4	20,58	10,67	2,42	2,71	191,98
732/5	24,94	12,49	3,11	3,55	245,46
732/6	19,07	9,74	2,61	2,97	184,78
732/7	22,44	11,46	3,03	3,45	209,72
732/10	23,28	11,55	3,34	3,82	251,86
732/14	21,88	11,25	3,10	3,51	218,96
732/15	22,76	11,79	3,10	3,50	221,11
732/16	22,07	10,83	2,82	3,17	203,23
732/19	22,79	11,29	3,17	3,57	224,85
732/21	22,22	11,08	2,92	3,34	207,33
732/23	23,54	11,74	3,35	3,76	231,96
732/30	24,33	12,65	3,35	3,82	245,92
733/7	23,70	12,04	2,92	3,27	226,63
733/8	22,87	11,03	3,54	4,02	252,02
733/10	22,34	10,43	3,34	3,81	229,04
733/11	20,71	10,34	2,90	3,30	200,28
733/12	25,74	13,18	3,90	4,42	284,88
733/18	21,79	11,20	3,45	3,90	236,79
733/21	24,46	12,34	3,26	3,64	243,23
733/23	21,78	10,96	3,20	3,73	219,20
733/24	20,62	10,47	2,88	3,24	204,04
733/28	21,81	11,26	3,19	3,60	219,17
733/29	19,64	9,99	2,75	3,13	187,52
733/30	21,58	10,83	3,08	3,47	216,92

732 = prelux – Č, 733 = prelux – G, 734 = prelux - R

"se nadaljuje"

"nadaljevanje"

Laboratorijska številka vzorca	mg/g suhe snovi rumenjaka	mg/g svežega rumenjaka	mg/g jajca	mg/g jajčne vsebine	mg/jajce
734/2	20,85	10,58	2,85	3,22	210,38
734/10	21,39	10,48	2,81	3,23	206,20
734/11	20,94	10,64	3,05	3,49	225,73
734/14	16,41	8,35	2,33	2,65	166,76
734/15	21,36	10,84	3,03	3,52	217,48
734/16	23,93	12,21	2,66	3,00	199,07
734/20	24,44	12,23	3,30	3,75	237,19
734/21	21,63	10,74	2,79	3,16	197,05
734/24	22,91	11,59	2,95	3,29	221,79
734/25	22,81	11,38	3,02	3,46	219,28
734/26	21,12	10,76	2,92	3,33	205,87
734/30	20,92	10,47	2,52	2,86	194,43

732 = prelux – Č, 733 = prelux – G, 734 = prelux – R

Priloga B:

Legenda laboratorijskih številc jajc

	Prelux - R	Prelux - G	Prelux - Č
1	734/2	733/7	732/4
2	734/10	733/8	732/5
3	734/11	733/10	732/6
4	734/14	733/11	732/7
5	734/15	733/12	732/10
6	734/16	733/18	732/14
7	734/20	733/21	732/15
8	734/21	733/23	732/16
9	734/24	733/24	732/19
10	734/25	733/28	732/21
11	734/26	733/29	732/23
12	734/30	733/30	732/30