UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Andreja INTIHAR

VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH TREH LINIJ KOKOŠI

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

CHOLESTEROL CONTENT IN THE EGGS OF THREE STRAINS OF HENS

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija kmetijstva – zootehnika. Opravljeno je bilo na Katedri za govedorejo, rejo drobnice, perutninarstvo, akvakulturo in sonaravno kmetijstvo Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kemijske analize so bile opravljene v laboratoriju na Katedri za prehrano Oddelka za zootehniko.

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

Recenzent: prof. dr. Janez SALOBIR

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:	prof. dr. Jurij POHAR Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
Članica:	prof. dr. Antonija HOLCMAN Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
Članica:	asis. dr. Alenka LEVART Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
Član:	prof. dr. Janez SALOBIR Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Andreja Intihar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK UDK 636.5:637.4(043.2)=863

KG perutnina/kokoši/nesnice/linije/jajca/holesterol

KK AGRIS L10/6100/9610

AV INTIHAR, Andreja

SA HOLCMAN, Antonija (mentorica)/LEVART, Alenka (somentorica)

KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

LI 2006

IN VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH TREH LINIJ KOKOŠI

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP VIII, 57 str., 12 pregl., 6 sl., 4 pril., 82 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI Vsebnost holesterola v jajcih smo določali pri kokoših linije D(+), D(-) in WM. Liniji D(+) in D(-) na Oddelku za zootehniko že 31 generacij dvosmerno selekcionirajo na večjo oziroma manjšo telesno maso pri 56. dnevu starosti. Posledica selekcije sta težki in lahki tip kokoši. Slovenska sintetična linija WM je očetovska linija, ki jo vključujejo v pridobivanje pitovnih piščancev prelux-bro. Preučevali smo vsebnost holesterola v jajcih enako starih kokoši, ki so bile krmljene z enako krmno mešanico. Vsebnost holesterola smo določali z encimsko-spektrofotometrično metodo. Ugotovili smo, da genotip značilno vpliva na vsebnost holesterola v jajcih ($p \leq 0,0001$). V jajcih kokoši linije WM smo določili 16,93 ± 1,14 mg holesterola/g svežega rumenjaka. Jajca linije D(+) so vsebovala 16,05 ± 1,27 mg holesterola/g svežega rumenjaka. Najmanjšo vsebnost holesterola smo določili pri kokoših linije D(-) in sicer 13,73 ± 0,94 mg holesterola/g svežega rumenjaka.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 636.5:637.4(043.2)=863

CX poultry/laying hens/strains/eggs/cholesterol

CC AGRIS L10/6100/9610

AU INTIHAR, Andreja

AA HOLCMAN, Antonija (supervisor)/LEVART, Alenka (co-supervisor)

PP SI-1230 Domžale, Groblje 3

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Zootechnical Department

PY 2006

TI CHOLESTEROL CONTENT IN THE EGGS OF THREE STRAINS OF HENS

DT Graduation Thesis (University studies)

NO VIII, 57 p., 12 tab., 6 fig., 4 ann., 82 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Cholesterol content in the eggs of strains WM, D(+) and D(-) was determined. For 31 generations strains D(+) and D(-) have been divergently selected for high or low body weight at 56th day of age at the Zootechnical Department. Selection results are heavy and light type of hens. Slovenian synthetic strain WM is a father line included in reproduction of Prelux-Bro broilers. We were examining cholesterol content in the eggs of hens. They were equally distributed at the same age and had the same mixture of food. Cholesterol content was determined by the enzymatic-spectrophotometric method. We established a statistically significant impact of genotype on cholesterol content in the eggs ($p \leq 0.0001$). In the strain WM we determined 16.93 ± 1.14 mg cholesterol/g fresh yolk, and 16.05 ± 1.27 mg cholesterol/g fresh yolk in the strain D(+). The smallest cholesterol content was determined in the eggs of strain D(-) 13.73 ± 0.94 mg cholesterol/ g fresh yolk.

KAZALO VSEBINE

		str.
	Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
	Key Words Documentation (KWD)	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VII
	Kazalo slik	VIII
	Kazalo prilog	VIII
1	**UVOD**	1
2	**PREGLED OBJAV**	3
2.1	LINIJI D(+) IN D(-)	3
2.1.1	**Dvosmerna selekcija na telesno maso**	3
2.1.1.1	Dvosmerna selekcija na telesno maso in njen vpliv na nekatere fizikalne lastnosti jajc	4
2.2	SLOVENSKA SINTETIČNA LINIJA (WM)	5
2.3	JAJCA	6
2.3.1	**Zgradba jajca**	7
2.3.2	**Prehranska kakovost jajc**	8
2.3.3	**Jajčni rumenjak**	9
2.3.3.1	Sestava jajčnega rumenjaka	9
2.3.3.1.1	Lipoproteini	10
2.3.3.1.2	Lipoproteini pri perutnini	12
2.3.3.2	Tvorba jajčnega rumenjaka	13
2.4	HOLESTEROL	15
2.4.1	**Metabolizem holesterola**	16
2.4.2	**Holesterol v jajcih in njegov vpliv na zdravje ljudi**	17
2.4.3	**Možnosti za spreminjanje vsebnosti holesterola v rumenjaku**	18
2.5	VPLIVI NA VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH	20
2.5.1	**Vrsta perutnine**	20

2.5.2 Pasma in linija kokoši 22
2.5.3 Proizvodni tip 24
2.5.4 Dvosmerna selekcija 25
2.5.5 Drugi vplivi na vsebnost holesterola v jajcu 27
3 MATERIAL IN METODE 31
3.1 MATERIAL 31
3.2 METODE DELA 31
3.2.1 Priprava vzorca in liofiliziranje rumenjakov 32
3.2.2 Določitev sušine v rumenjakih 32
3.2.3 Priprava filtrata za določanje holesterola 33
3.2.4 Določitev holesterola v filtratu 33
3.2.5 Pravilnost in natančnost metode 35
3.2.6 Statistična obdelava podatkov 36
4 REZULTATI IN RAZPRAVA 37
4.1 NESNOST 37
4.2 MASA JAJCA, BELJAKA, RUMENJAKA IN JAJČNE VSEBINE 38
4.3 VSEBNOST SUHE SNOVI 41
4.4 VSEBNOST HOLESTEROLA 42
4.5 VIRI VARIABILNOSTI V VSEBNOSTI HOLESTEROLA 47
5 SKLEPI 48
6 POVZETEK 49
7 VIRI 51
ZAHVALA
PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

		str.
Pregl. 1:	Kemijska sestava jajc (Stadelman, 2003a: 2007)	8
Pregl. 2:	Lipoproteini jajčnega rumenjaka (v g/100g lipoproteinov) (Gurr in Harwood, 1991: 219)	12
Pregl. 3:	Vsebnost holesterola v jajcih različnih vrst ptic	21
Pregl. 4:	Povprečna vrednost holesterola (mg holesterola/g rumenjaka) in standardni odklon za selekcionirani liniji in kontrolno skupino po generacijah (Marks in Washburn, 1977: 181)	26
Pregl. 5:	Vsebnost holesterola (mg/g vzorca) v standardnem referenčnem materialu (SRM) 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder	36
Pregl. 6:	Osnovni statistični parametri za maso jajca in posamezne sestavne dele pri treh linijah kokoši	39
Pregl. 7:	Povprečni deleži sestavnih delov jajca (%) pri linijah WM, D(+) in D(-) (število vzorcev v posamezni liniji n=10)	40
Pregl. 8:	Vsebnost suhe snovi v rumenjakih in osnovni statistični parametri (g SS/kg svežega rumenjaka) pri treh linijah kokoši	42
Pregl. 9:	Vsebnosti holesterola v jajcih pri linijah WM, D(+) in D(-) izražene na različne načine (število meritev v posamezni liniji n=20)	43
Pregl. 10:	Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g svežega rumenjaka) v jajcih kokoši linij WM, D(+) in D(-) (število meritev v posamezni liniji n=20)	44
Pregl. 11:	Vsebnost holesterola v jajcih različnih pasem kokoši in križank	46
Pregl. 12:	Ocene srednjih vrednosti in razlik ter statistična značilnost razlik med linijami v vsebnosti holesterola v jajcih	47

KAZALO SLIK

		str.
Slika 1:	Struktura lipoproteina majhne gostote - LDL (Gurr in Harwood, 1991: 218)	11
Slika 2:	Prerez skozi steno folikla (Griffin, 1992: 103)	15
Slika 3:	Struktura β-holesterola (Sheppard in sod., 2003: 1221)	15
Slika 4:	Povprečna masa jajca in rumenjaka ter povprečni delež rumenjaka v jajčni vsebini pri linijah WM, D(+) in D(-)	41
Slika 5:	Povprečna vsebnost holesterola v svežem rumenjaku pri linijah WM, D(+) in D(-)	43
Slika 6:	Vsebnost holesterola v jajcu pri linijah WM, D(+) in D(-) za vsako posamezno jajce	45

KAZALO PRILOG

Priloga A:	Povprečna vsebnost holesterola v jajcu pri linijah WM, D(+) in D(-)
Priloga B:	Nesnost kokoši D(+)
Priloga C:	Nesnost kokoši D(-)
Priloga D:	Nesnost kokoši WM

1 UVOD

Jajca so v prehrani ljudi zelo pomembno živilo, saj so bogat vir esencialnih hranil. Imajo izredno pestro sestavo beljakovin, maščob, mineralov in drugih sestavin, ki jim dajejo visoko biološko in prehransko vrednost (Toth, 2000). So okusna, hranljiva, varna za uživanje ob pravilni pripravi in poceni (Meister, 2002). Uporabljamo jih za pripravo različnih samostojnih jedi in kot dodatek številnim prehranskim izdelkom (npr. majoneze in peciva) (Požar, 1999).

Vloga jajc v prehrani ljudi se je v preteklosti drastično spreminjala. Tradicionalno so jajca veljala za poceni in odličen vir hranil. Ljudi so spodbujali, da jih vključijo v vsakdanjo prehrano. V zgodnjih sedemdesetih letih pa so prišla prva priporočila o omejitvi uživanja jajc, ki so ljudi pripeljala do mišljenja o jajcu kot o holesterolu v lupini (Meister, 2002). Z enim samim jajcem pokrijemo kar 2/3 dnevnih potreb po holesterolu, zato so nutricionisti leta 1972 sprejeli sklep o omejitvi uživanja jajc - brez škode za zdravje lahko zaužijemo tri do štiri jajca na teden (Nahtigal, 2004). Tedensko zaužita količina jajc pri odraslem prebivalcu Slovenije je povprečno 2,8 jajca. Povprečni dnevni delež holesterola, ki ga odrasli prebivalci zaužijejo z jajci, znaša 38,5 % (Koch, 1998). Holesterol v jajcih je postal pogosta tema v medijih. Holesterol se nahaja tudi v drugih živilih. Res pa je, da je ravno v jajcih skoncentrirana precejšna količina holesterola (Arh, 1995). Pretirano uživanje hrane bogate s holesterolom vodi do bolezni srca in ožilja, vendar so številne raziskave pokazale, da je vnos holesterola s hrano v telo nevaren le za posameznike, ki so v skupini z velikim tveganjem. Pri ljudeh z uravnoteženo presnovo holesterola in zdravim življenjskim slogom ni bojazni za pojav bolezni (Basmacioğlu in sod., 2001). Preventiva pa temelji tudi na zauživanju hrane z malo maščob ter na živilih, ki vsebujejo enkrat ali večkrat nenasičene maščobne kisline. Izogibali naj bi se živilom z velikim deležem nasičenih maščobnih kislin (Požar, 1999).

Perutninska panoga je pričela raziskovati možnosti obogatitve jajc. Tako lahko danes na policah trgovin zasledimo jajca obogatena z n-3 maščobnimi kislinami, vitaminom E, jodom in drugimi elementi (Holcman in sod., 2004).

Na vsebnost holesterola v jajcih vplivajo različni dejavniki: prehrana, vrsta perutnine, pasma, proizvodni tip živali, selekcija, genski inženiring, starost živali, intenzivnost nesnosti, masa jajca, mesto jajca v seriji, način reje in sezona (Turk in Barnett, 1971; Ansah in sod., 1985; Verrinder Gibbins in Brazolot, 1994, Washburn in Marks, 1977; Jiang in Sim, 1991; Basmacioğlu in Ergül, 2005; Harris in Wilcox, 1963).

V diplomski nalogi smo preučevali razliko v vsebnosti holesterola v jajcih treh linij kokoši. Na Oddelku za zootehniko imamo dvosmerno selekcionirani liniji (D+ in D-), ki sta že 31 generacij selekcionirani na večjo oziroma manjšo telesno maso. Posledica te selekcije sta lahki in težki tip kokoši. V nalogo pa smo vključili tudi slovensko sintetično linijo WM, ki je na Oddelku za zootehniko vključena v selekcijsko shemo pridobivanja pitovnih piščancev prelux-bro kot moška linija. Spada med tradicionalne linije in jo prištevamo k težkemu tipu kokoši.

2 PREGLED OBJAV

2.1 LINIJI D(+) IN D(-)

Linije so ožje skupine živali znotraj neke pasme, ki imajo izjemne lastnosti ali dajejo posebno dobre križance (Ločniškar in sod., 1991). Če želimo dobiti linijo, moramo vsaj pet generacij pariti znotraj zaprte populacije, ki je bila odbrana za novo linijo (Terčič, 1998).

Liniji D(+) in D(-) izhajata iz očetovske linije D, ki se je vključevala v križanja za pridobivanje pitovnih piščancev prelux-bro. Ob odbiri piščancev za reprodukcijo pri starosti osmih tednov so leta 1979 odbrali 50 najtežjih jarčk in 10 najtežjih petelinčkov za oblikovanje linije D(+). Prav tako so odbrali 50 najlažjih jarčk in 10 najlažjih petelinčkov za oblikovanje linije D(-). Nato so vse naslednje generacije znotaj linije D(+) odbirali najtežje živali in znotraj linije D(-) najlažje. To dvosmerno selekcijo na telesno maso piščancev pri 56. dnevu starosti izvajajo že 33. generacij. Odbirali so le zdrave, živahne, normalno razvite živali. Ves čas so si prizadevali ustvariti kolikor mogoče enake pogoje reje. Pri vseh tehnoloških zahtevah (krmljenje, osvetljevanje) so upoštevali normative, ki so v veljavi za selekcijo prelux-bro (Holcman, 1985).

2.1.1 Dvosmerna selekcija na telesno maso

K velikemu napredku v perutninarstvu v zadnjih desetletjih je v veliki meri pripomogla selekcija. Selekcija na določeno lastnost omogoča napredek te lastnosti, po drugi strani pa povzroča spremembe v drugih lastnostih, ki so s selekcionirano lastnostjo v genetski korelaciji. Govorimo o koreliranih učinkih selekcije (Holcman, 1985).

Alternativni model je dvosmerna selekcija, kjer selekcioniramo živali na isto lastnost v dveh nasprotnih smereh in spremljamo razliko v srednjih vrednostih med navzgor in navzdol selekcionirano linijo. Dejansko delujeta liniji kot kontrola druga drugi. Obe liniji sta izpostavljeni enakim vplivom okolja. Učinek, ki ga merimo iz razlik dveh linij, je dvakrat večji, kot če bi ugotavljali razlike med linijo in kontrolno populacijo. Variabilnost med generacijami je v tem primeru zmanjšana, ker okoljske spremembe učinkujejo na obe

liniji. Ker so skupni učinki okolja eliminirani, dobimo bolj natančne ocene heritabilitet kot z enosmerno selekcijo (Holcman, 1985).

Dvosmerna selekcija na telesno maso je postopek selekcije, pri katerem izhodiščno linijo selekcioniramo na majhno oziroma veliko telesno maso. Nove linije nastajajo z izbiranjem staršev za naslednje generacije, tako se postopoma spreminja telesna masa in hkrati tudi drugi proizvodni parametri. Selekcija je dolgotrajen postopek, ki izoblikuje dve popolnoma novi liniji, ki imata kljub temu še nekaj skupnih lastnosti, saj izhajata iz iste linije (Unetič, 2001).

Učinki selekcije na večjo oziroma manjšo telesno maso piščancev težijo k asimetričnosti. Pri večini opisanih poskusov je selekcija povzročila večje spremembe v navzgor, kot v navzdol selekcionirani liniji. Pri obeh linijah se običajno pojavlja neenakomeren napredek iz generacije v generacijo (Holcman, 1986). Do enake ugotovitve so prišli tudi Maloney in sod. (1963a).

2.1.1.1 Dvosmerna selekcija na telesno maso in njen vpliv na nekatere fizikalne lastnosti jajc

Z dvosmerno selekcijo na telesno maso kokoši in njenim vplivom na nekatere fizikalne lastnosti jajc sta se ukvarjala Goodman in Shealey (1977). V poskus sta vključila dve liniji, ki sta bili dvaindvajset generacij selekcionirani na večjo oziroma manjšo telesno maso. Spremljala sta naslednje fizikalne lastnosti jajc: maso jajca (g), maso rumenjaka (g), odstotek rumenjaka (%), barvo rumenjaka, barvo jajčne lupine, indeks oblike (%), debelino lupine (mm), višino gostega beljaka (mm), Haughove enote ter prisotnost krvnih in mesnih peg. Statistično značilne razlike sta dobila za vse fizikalne lastnosti jajc, ki sta jih proučevala.

Jajca iz navzgor selekcionirane linije so bila težja in so imela težje rumenjake ter posledično večji odstotek rumenjaka. Prav tako pa so imela jajca iz navzgor selekcionirane linije značilno temnejšo barvo rumenjaka in jajčne lupine. Indeks jajčne oblike je bil večji pri navzdol selekcionirani liniji, kar pomeni, da so bila jajca bolj okrogla. Jajca iz navzgor selekcionirane linije so imela debelejšo jajčno lupino, višji gosti beljak, a manjšo vrednost

Haughovih enot. Večje število krvnih in mesnih peg sta ugotovila pri navzgor selekcionirani liniji.

Podoben poskus sta opravila tudi Holcman in Bevc (1992), ki sta v štirinajsti generaciji preučevala vpliv dvosmerne selekcije na maso piščancev težkega tipa kokoši na nekatere fizikalne lastnosti jajc. Preučevala sta dve nasprotno selekcionirani liniji D(+) in D(-) ter znotraj vsake linije po dve starostni skupini. Ugotovila sta, da med linijama obstajajo značilne razlike v povprečnih vrednostih za vse lastnosti jajc. V navzgor selekcioniranih liniji so imela jajca temnejšo barvo lupine, bila so težja, z višjim beljakom in večjo vrednostjo Haughovih enot. Razlika v barvi rumenjaka in debelini lupine ni bila tako očitna. Povprečne vrednosti za debelino lupine, odstotek lupine in maso lupine na enoto površine jajca so bile večje v navzdol selekcionirani liniji. Analiza variance je pokazala, da je vpliv linije značilen za vse lastnosti jajc, medtem ko vpliv starosti ni značilen za barvo lupine, debelino lupine, odstotek lupine, odstotek peg, indeks oblike in maso lupine na enoto površine jajca.

Reddy in Siegel (1977) sta v dvosmernem selekcijskem eksperimentu na maso živali uporabljala belo plimutko. Ugotavljala sta število deformiranih jajc kot so jajca z dvojnim rumenjakom in deformirano lupino. Zasledila sta značilno večjo pogostost takšnih jajc pri navzgor selekcionirani liniji. Do enakih zaključkov sta v svojih raziskavah prišla tudi Chambers (1990) pri kokoših in Nestor (1985, cit. po Liu in sod., 1995) pri purah. Reddy in Siegel (1977) pa sta preučevala tudi vpliv opuščene selekcije na število deformiranih jajc in ugotovila da pri navzgor selekcioniranih živali število takih jajc upade, medtem ko pri navzdol selekcionirani liniji opuščena selekcija nima vpliva na spremembo števila deformiranih jajc.

2.2 SLOVENSKA SINTETIČNA LINIJA (WM)

Slovenska sintetična linija WM spada med tradicionalne pasme kokoši. Sem uvrščamo tujerodne pasme domačih živali, ki so se prilagodile na podnebne in druge pogoje v Sloveniji. Na Oddelku za zootehniko so za slovenske razmere določili, da se šteje v Sloveniji za tradicionalne pasme tiste tujerodne pasme domačih živali, ki so v Sloveniji

pod rejskim in selekcijskim nadzorom najmanj trideset let (za vrste prašiči, ovce, koze in perutnino) in petdeset let za ostale vrste (Šalehar in sod., 2003).

Ime je dobila po uvoženi provenienci White Mauntain, ki je sintetična in jo selekcionirajo (z dodajanjem drugih genotipov) kot očetovsko linijo za pridobivanje pitovnih piščancev prelux-bro. Nadomestila je nekatere druge pasme in linije, ki so se v ta namen uporabljale prej (Šalehar in sod., 2003).

Za to linijo je značilno zgodnje operjanje piščancev, dobro priraščanje in primernost za križanje. Konec leta 2004 je bilo v Sloveniji 332 živali, leta 2005 pa 277 živali. Ta linija ni v reji izven Slovenije (Holcman in sod., 2006).

2.3 JAJCA

Jajca so od začetka civilizacije med osnovnimi človekovimi živili in so mnogostransko uporabna. V preteklosti so veljala za simbol življenja in rodovitnosti, sveta in štirih elementov. Jajčna lupina je predstavljala zemljo, beljak vodo, rumenjak ogenj, zračni prostorček pod topim delom lupine pa zrak (Bailey, 1992).

Z besedo jajce v praksi označujemo kokošje jajce, jajca ostalih vrst morajo imeti označeno vrsto perutnine, npr. gosje, prepeličje, račje jajce (Doganoc in Komar, 2001).

Jajce je odlično živilo tako z vidika prehranske, senzorične in funkcionalne vrednosti. Kljub negativnemu mnenju o jajcih, ki je prisotno v množičnih občilih, dosega poraba jajc visoko konstantno raven v razvitih državah, v razvijajočih pa se povečuje. Jajca vsebujejo mnoge esencialne snovi za rast in razvoj človeškega organizma (Holcman, 1998).

Jajce je popolna hrana za razvijajoči se ptičji zarodek. Vsebnost nekaterih hranil se razlikuje v jajcih različnih vrst ptic, zaradi njihove prehrane in vpliva človeka na domačo perutnino (Stadelman, 2003b).

2.3.1 Zgradba jajca

Sestavni deli jajca so rumenjak, beljak, lupina. V povprečju predstavlja lupina 10 %, jajčna membrana 1 %, beljak 59 % in rumenjak 30 % celotne mase jajca (Stadelman, 2003a).

Prvi rumenjak, ki se začne razvijati, ko so jarčke stare komaj dva meseca, je bele barve. Na tem mestu se pozneje izoblikuje bela, steklenici z dolgim vratom podobna tvorba, ki je dobila ime latebra in na vrhu skriva zarodno celico v zarodnem mehurčku (Ločniškar in sod., 1991). Rumenjak se nalaga okrog latebre v koncentričnih krogih, ki se razlikujejo v barvi (Stadelman, 2003a). Barva pa je odvisna od barvil, ki jih dobi kokoš v krmi. Prvi krogi rumenjaka so zelo tanki, nato se debelijo in zadnji so debeli tudi do 2 mm. Te plasti lahko opazimo celo pri trdo kuhanem jajcu, ker debelejši rumeni plasti sledi tanjša, ki je belkasta. Rumena plast namreč nastaja čez dan, bela pa le po polnoči do jutra (Ločniškar in sod., 1991). Rumenjak je obdan s polprepustno – rumenjakovo membrano (Stadelman, 2003a).

Beljak je viskozna tekočina, sestavljena iz štirih plasti. Zunanja plast je redka tekoča, srednja gosta tekoča, notranja redko tekoča, na rumenjakovo membrano pa meji halaziferna plast. Iz rumenjakove membrane izhajata halazi, dve spiralno zaviti niti, ki segata od površine rumenjaka do membrane lupine na obeh polih jajca. Halazi ščitita rumenjak in ga držita v sredini (Skvarča, 1998).

Jajčno lupino sestavljajo zunanji luknjičavi (porozni) sloj, srednji spongiozni sloj in notranji sloj, ki je sestavljen iz dveh keratinskih membran. Membrani sta pri svežem jajcu tesno skupaj, na topem koncu jajca se razdvojita in oblikujeta zračni prostor – komoro, ki je različno velika in odvisna od starosti jajca. S staranjem se povečuje zaradi izhlapevanja vlage in ogljikovega dioksida. Ti membrani predstavljata obrambo pred bakterijami in plesnimi. Na zunanji strani je lupina prekrita s proteinsko ovojnico (kutikulo). Kutikula omogoča izmenjavo plinov (Skvarča, 1998).

2.3.2 Prehranska kakovost jajc

Kokošje jajce je eden najbogatejših virov hranil. Energijska vrednost jajca je približno 350 kJ, od tega skoraj 80 % pripada rumenjaku. Jajce vsebuje malo ogljikovih hidratov. Vsebuje od 12 do 13 % kakovostnih beljakovin, aminokislinska sestava je tako popolna, da so jajčne beljakovine uporabljene kot standard za merjenje prehranske kakovosti drugih beljakovinskih živil (Holcman in sod., 2004). Prebavljivost jajca je 97 % in je med vsemi beljakovinskimi živili največja, kar pogojuje zelo visok beljakovinski izkoristek (Stadelman, 2003b).

Poleg tega jajca vsebujejo tudi karotenoide (zeaksantin in lutein), ki varujejo oči, in holin, ki je sestavina celičnih membran ter sodeluje pri prenosu živčnih impulzov in transportu ter metabolizmu lipidov (Nahtigal, 2004). Jajčne maščobe so zbrane samo v rumenjaku in so lahko prebavljive. Jajca so dober vir linolne kisline (Holcman in sod., 2004).

Tudi rudnine in vitamini so v ugodnem razmerju ter v lahko prebavljivi obliki. Vsebujejo precejšnje količine železa in fosforja ter elemente v sledovih, od vitaminov pa A, E, K in večino vitaminov B-kompleksa. Za ribjim oljem so najbogatejši vir vitamina D, ne vsebujejo pa vitamina C (Holcman in sod., 2004). V maščobah topne vitamine A, D in E vsebuje le rumenjak (Stadelman, 2003b).

Kemijsko sestavo jedilnega dela jajca prikazuje preglednica 1. Na kemijsko sestavo jajc vplivajo način vzreje, krmljenje in ravnanje s kokošmi. Delež rumenjaka in beljaka se spreminja glede na pasmo in starost kokoši. S starostjo se delež beljaka povečuje (Stadelman, 2003b).

Preglednica 1: Kemijska sestava jajc (Stadelman, 2003a: 2007)

	Jajčna vsebina (%)	Beljak (%)	Rumenjak (%)
voda	72,8 – 75,6	87,9 – 89,4	45,8 – 51,2
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

Predmet naše raziskave je holesterol, ki se nahaja samo v rumenjaku. Zato so v nadaljevanju podrobneje predstavljene samo sestavine jajčnega rumenjaka.

2.3.3 Jajčni rumenjak

2.3.3.1 Sestava jajčnega rumenjaka

Rumenjak je gosta emulzija maščob, vode, beljakovin, ogljikovih hidratov in številnih mineralov ter vitaminov. Rumenjak vsebuje okrog 50 % suhe snovi, kjer sta maščoba in beljakovine v razmerju 2 : 1. V rumenjaku je 16 % beljakovin (proteinov), vsebnost maščob (lipidov) pa variira od 32 do 35 % in je odvisna od pasme kokoši (Stadelman, 2003a).

V rumenjaku so štirje pomembni proteini:

- livetin,
- fosvitin,
- vitelin in
- vitelenin (Stadelman, 2003b).

Lipidno frakcijo sestavljajo:

- trigliceridi (66 %),
- fosfolipidi (28 %),
- holesterol (5 %) in
- majhen delež prostih maščobnih kislin.

Koncentracija holesterola na gram rumenjaka je relativno konstantna. Večji kot je rumenjak, več holesterola vsebuje jajce (Stadelman, 2003a). Rumenjak, ki je težek 17 g, vsebuje 213 mg holesterola (Stadelman, 2003b).

Sestava maščobnih kislin v jajčnem rumenjaku je odvisna od več dejavnikov, predvsem od starosti in prehrane kokoši. Maščoba vsebuje okoli 32 % nasičenih maščobnih kislin, med katerimi prevladuje palmitinska. Ostalo so nenasičene maščobne kisline, in sicer enkrat

nenasičenih je okoli 48 % in večkrat nenasičenih okoli 20 %. Pri nenasičenih je največ oleinske (43 %) in linolne kisline (15 %) (Doganoc in Komar, 2001).

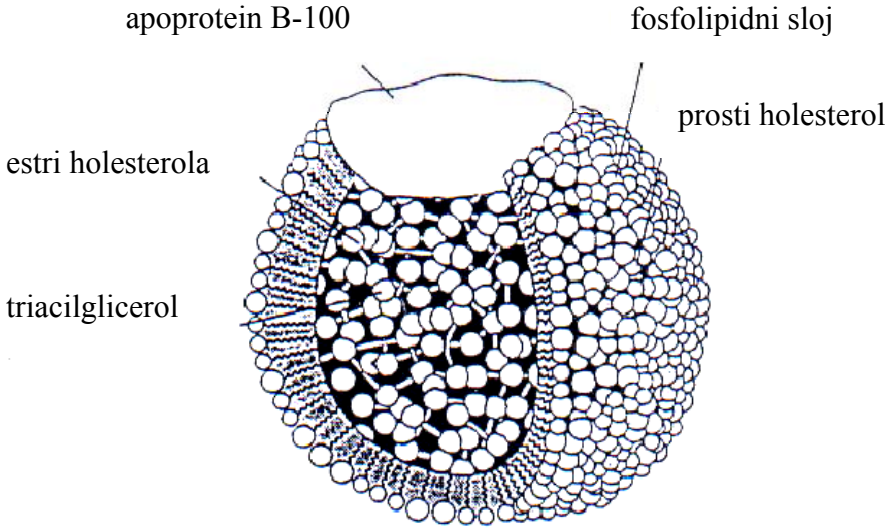
Večkrat nenasičene maščobne kisline so sestavljene iz dveh skupin, in sicer n-3 in n-6 maščobnih kislin. Za človekovo zdravje je pomembno predvsem ravnotežje med njimi. Idealno ravnotežje je okoli 1 : 5, pri običajni prehrani pa znaša 1 : 25 (Doganoc in Komar, 2001). Pomanjkanje n-3 maščobnih kislin in/ali porušenje razmerja med vnosom obeh skupin maščobnih kislin povezujejo s pojavnostjo cele vrste zdravstvenih težav. Zato povečano zauživanje n-3 maščobnih kislin v naših prehranskih razmerah zmanjšuje lipide v krvi (holesterol in trigliceride), izboljša reološke lastnosti krvi (pretočnost krvi), znižuje krvni tlak, zmanjša zlepljanje trombocitov (nevarnost tromboze), blaži vnetne procese (revmatoidni artritis), zmanjša imunski odziv (alergije, avtoimunske motnje) in še bi lahko naštevali. Z dodajanjem ekstraktov iz rib severnih morij, alg ali lanenega semena v krmo kokoši obogatimo jajca z večkrat nenasičenimi n-3 maščobnimi kislinami (linolenska, eikozapentaenojska in dokozaheksaenojska kislina). Tudi pri nas so na policah jajca, ki so obogatena z n-3 maščobnimi kislinami ter hkrati tudi z jodom in vitaminom E, ki ju v prehrani Evropejcev prav tako zelo pogosto primanjkuje (Holcman in sod., 2004).

Ogljikovih hidratov je v rumenjaku do 1 %. Nastopajo kot prosti (glukoza) ali pa vezani na proteine. Prehranskih vlaknin jajce oz. jajčni rumenjak ne vsebuje (Wells in Belyavin, 1989).

2.3.3.1.1 Lipoproteini

Rumenjak je mešanica lipoproteinov. Vsebuje tudi fosvitin, ki ne vsebuje lipidov in je fosfoprotein. Med fosfolipidi je najpomembnejši fosfatidilholin ali lecitin (73 %) (Stadelman, 2003a).

Lipoproteini so sestavljeni iz hidrofobnega jedra trigliceridov in estrov holesterola, obdanih s plaščem apoproteinov, fosfolipidov in prostega holesterola (slika 1). Beljakovine v skorji lipoproteinov so apoproteini, ki omogočajo topnost lipoproteinov v krvi. Apoproteini so njihov razpoznavni znak za receptorje v membrani in usmerjajo metabolizem lipoprotienov (Gurr in Harwood, 1991).



Slika 1: Struktura lipoproteina majhne gostote - LDL (Gurr in Harwood, 1991: 218)

Obstaja več različnih tipov lipoproteinov z različno kemično sestavo, zgradbo in presnovno funkcijo. Njihova poglavitna naloga je transport lipidov iz enega tkiva v drugega, s tem pa zagotovijo oskrbo z lipidi v različnih celicah. Najbolj pogosto jih klasificiramo po njihovi gostoti in velikosti (Gurr in Harwood, 1991).

Lipoproteini so razvrščeni v štiri skupine :

- hilomikroni,
- lipoproteini velike gostote (high density lipoproteins - HDL),
- lipoproteini majhne gostote (low density lipoproteins - LDL) in
- lipoproteini zelo majhne gostote (very low density lipoproteins - VLDL).

Z večanjem gostote pada delež lipidov v primerjavi z beljakovinami ter delež trigliceridov v primerjavi s fosfolipidi in holesterolom (Gurr in Harwood, 1991). Gostota je določena z deležem lipidnih snovi v molekuli (Stadelman, 2003a).

- HILOMIKRONI so največji in najlažji (sestavljeni iz 80 do 95 % trigliceridov, 2 do 7 % holesterola, 3 do 6 % fosfolipidov in 1 do 2 % beljakovin) ter prenašajo zaužite maščobe iz črevesja v limfo ter preko tkiv v jetra, kjer jih odložijo (Kompan, 2003).

Kmalu po zaužitju mastnega obroka je prisotnost hilomikronov v plazmi očitna (Gurr in Harwood, 1991).

- HDL frakcija v jajčnem rumenjaku sestoji iz fosvitina in α-, β-, χ-livetina. Spojine vsebujejo manj kot 10 % lipidov (Stadelman, 2003a). Izločajo se iz jeter in črevesja (Kompan, 2003). Njihova glavna naloga je transport odvečnega holesterola iz perifernih celic v jetra. Proces se imenuje tudi obratni transport holesterola (Gurr in Harwood, 1991).

- LDL spojina sestoji iz α-, β-lipovitelina in vsebuje 20 % lipidov (Stadelman, 2003a). Glavna naloga LDL je transport holesterola tkivom, ki ga potrebujejo za tvorbo celičnih membran ali za pretvorbo v različne metabolite, npr. steroidne hormone. LDL je glavni prenašalec plazemskega holesterola pri človeku. LDL nastaja z razpadom VLDL (Gurr in Harwood, 1991).

- VLDL vsebuje 40 % lipidov (Stadelman, 2003a). Podobno kot hilomikroni tudi VLDL vsebuje velik delež trigliceridov. Naloga VLDL pa je prenos lipidov endogenega izvora, ki se tvorijo v jetrih ali prebavilih (Gurr in Harwood, 1991).

2.3.3.1.2 Lipoproteini pri perutnini

Jajčni rumenjak vsebuje velik delež lipidov, ki se nahajajo tako v obliki HDL in LDL, katerih vrednosti so prikazane v preglednici 2.

Preglednica 2: Lipoproteini jajčnega rumenjaka (v g/100g lipoproteinov) (Gurr in Harwood, 1991: 219)

Lipoproteini	Proteini	Fosfolipidi	Holesterol	Estri hol.	Trigliceridi
HDL	78	12	0,9	0,1	9
LDL	18	22	1,8	0,2	58

Trigliceridi se večinoma povezujejo z apoproteinom-B in tvorijo VLDL, fosfolipidi in holesterol, skupaj z apoproteinom-A-1 tvorijo HDL. Te procese kontrolirajo hormonalno okolje in fizikalno kemijski pogoji. Vse potrebne lipidne in beljakovinske komponente za tvorbo lipoproteinov morajo biti na voljo sočasno. Čeprav so trigliceridi glavni vir lipidov

v prehrani perutnine, moramo vedeti, da je njihova razpoložljivost v obliki plazmatskega VLDL odvisna tudi od fosfolipidov, holesterola in apoproteina-B v jetrih (Hermier, 1994).

V komercialnih pogojih reje navadno krmimo s krmo, ki ima manj kot 10 % maščob, zato inhibicija sinteze lipoproteinov v jetrih s krmo, bogato z maščobami, ne pride v poštev. Pri nesnicah se obseg lipogeneze poveča pod vplivom estrogenov za potrebe tvorbe rumenjaka. Rumenjak vsebuje približno 5,6 g lipidov, ki se kopičijo v rastoči oociti. Glavni produkt lipogeneze v jetrih so trigliceridi. Jetra so tudi mesto sinteze holesterola in fosfolipidov (Hermier, 1994).

Vitelogeneza pri nesnicah je povezana s povečano lipogenezo v jetrih pod vplivom estrogenov. Sestava in zastopanost lipoproteinov pri nesnicah je drugačna kot pri jarkicah. Trigliceridi potujejo do oocite z VLDL, katerega koncentracija je šestdesetkrat večja kot pri spolno nezreli jarkici. Fosfolipide transportirajo vitelogenini, ki jih spolno nezrele živali nimajo. Koncentracija HDL se dramatično zniža, vsebnost trigliceridov v VLDL pa je višja kot običajno (Hermier, 1994).

Pri vseh vrstah ptic, ne glede na njihov fiziološki status, je koncentracija VLDL odsev ravni lipogeneze v jetrih. Sestava VLDL pa je odvisna od različnih beljakovin in lipidov, predvsem trigliceridov in holesterola. Ker je sredica večinoma sestavljena iz triglicerida in estrov holesterola je ravnotežje med tema lipidoma odvisno od količin, ki jih izločajo jetra (nesnice v primerjavi s pitovnimi piščanci). Odstotek teh dveh lipidov tako ostaja neverjetno stalen (57 – 61 % celotnega VLDL). Prav to nam daje misliti, da bi se ob vsakem poskusu zmanjšanja obsega maščobnega tkiva ali holesterola v jajcu manjkajoči lipid nadomestil z drugim ustreznim lipidom zaradi fizikalno kemijskih lastnosti sestave VLDL (Hermier, 1994).

2.3.3.2 Tvorba jajčnega rumenjaka

Jajčnik zmore le v manjši meri sintetizirati lipoproteine, zato se vsi rumenjakovi lipoproteini tvorijo v jetrih in s plazmo potujejo v ovarij, kjer se preko receptorjev z endocitozo vključijo v razvijajoče se folikle. Začetek nesenja sproži hiter porast

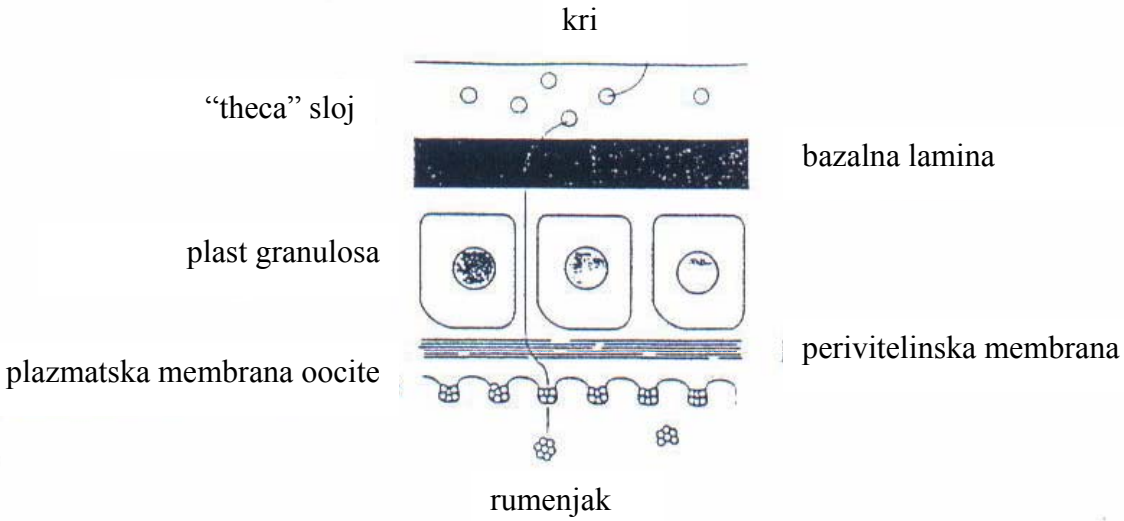
koncentracije plazmatskih lipidov, ker se v krvnem obtoku akumulirata dva glavna prekurzorja rumenjaka: VLDL in vitelogenin (Griffin, 1992).

VLDL v plazmi nesnic so drugačni od VLDL jarkic ali petelinčkov. Navadno so zelo majhni, s premerom od 20 do 25 nm, in so vsi enako veliki. Vitelogenin je prekurzor za rumenjakov fosvitin in lipovitelin. Vsebuje približno 20 % lipidov, večinoma fosfolipide in holesterol (Griffin, 1992).

Preden oba prekurzorja dospeta do plazmatske membrane oocite, morata zapustiti krvni obtok in se prebiti skozi nekaj plasti tkiv okrog oocite. Folikli v jajčniku so dobro prekrvavljeni z mrežo kapilar v "theca" sloju, kar omogoča hiter pretok krvi in veliko površino za izmenjavo plazmatskih snovi. Najprej morata prekurzorja priti skozi bazalno lamino. To je tanka plast tkiva, debela približno 1 mm, ki obdaja oocito. Bazalna lamina deluje kot grob filter, ki preprečuje, da bi večji sestavni deli plazme prodirali globlje. Majhnost VLDL pri nesnicah jim omogoča prehod skozi bazalno lamino. Bazalna lamina ima ključno vlogo pri določanju izvora lipoproteinov, saj prepušča le lipoproteine iz jeter, neprepustna pa je za velike lipoproteine iz črevesja. Prekurzorji rumenjaka nato preidejo skozi granulozno plast in se pripnejo po celi površini plazmatske membrane, ki ima citoplazmatsko površje. Prestop lipoproteinov skozi steno folikla lahko vidimo na sliki 2 (Griffin, 1992).

En sam tip receptorja veže vitelogenin in VLDL. Ta receptor prepozna apoprotein-B pri VLDL in veže vitelogenin preko lipovitelinskega dela molekule (Griffin, 1993).

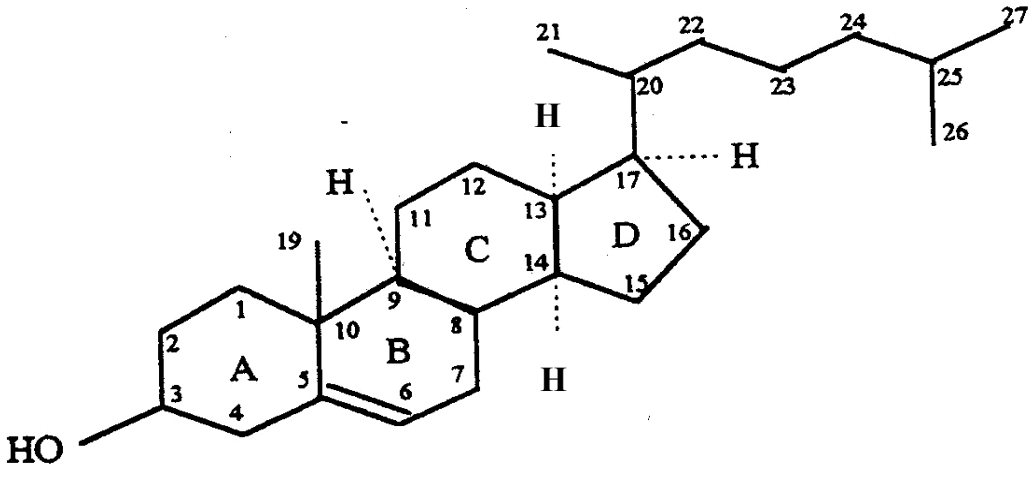
Vključevanje nespremenjenih lipoproteinov v oocito s pomočjo receptorjev pomeni, da je vsebnost holesterola v rumenjaku določena kot vsebnost holesterola individualnih rumenjakovih lipoproteinskih delcev in ne kot koncentracija holesterola v plazmi. Če povemo drugače, vsebnost holesterola v rumenjaku je odvisna od sestave lipoproteinov v krvi in ne od koncentracije (Griffin, 1992).



Slika 2: Prerez skozi steno folikla (Griffin, 1992: 103)

2.4 HOLESTEROL

Holesterol je alkohol, ki ga uvrščamo v skupino sterolov, derivatov lipidov. Kemijsko ime molekule holesterola je holest-5-en-3-ol (slika 3) (Sheppard in sod., 2003). Leta 1816 je Chevrene vpeljal pojem holesterin ("chole" v grščini pomeni žolč, "stereos" pa trdna snov) za snovi, topne v alkoholu, ki jih je izoliral iz žolčnih kamnov (Gurr in Harwood, 1991). Delo različnih raziskovalcev (Wieland, Vindaus, Diels, Rosenheim in King) je leta 1932 privedlo do oblikovanja strukturne formule holesterola. Empirična formula molekule je $C_{27}H_{45}OH$ (Sheppard in sod., 2003).



Slika 3: Struktura β-holesterola (Sheppard in sod., 2003: 1221)

Holesterol je sestavljen iz sterolnega jedra z eno hidroksi skupino in eno samo dvojno vezjo ter transko verigo z osmimi ogljikovimi atomi. Razlikuje se od ostalih lipidov: triglicerolov in fosfolipidov. Steroidno jedro holesterola predstavlja tudi osnovno strukturo žolčnih soli, nekaterih v maščobah topnih vitaminov (vitamin D), steroidnih in spolnih hormonov (Sheppard in sod., 2003).

Holesterol je bela kristalinična substanca, ki je praktično netopna v vodi, slabo topna v alkoholu, ter dobro topna v nepolarnih topilih kot so kloroform, benzen, heksan, petroleter in izopropanol. Topi se tudi v maščobah in vodnih raztopinah žolčnih soli (Sheppard in sod., 2003).

Holesterol se nahaja v maščobah živalskega izvora, v žolču, živčnih tkivih, krvi, možganih, plazmi in jajčnem rumenjaku. V sledovih je tudi v rastlinskih oljih in maščobah ter v morskih algah. Določitev holesterola v živilih in serumu je pomembna zaradi vpletenosti v etiologijo ateroskleroze in bolezni srca ter ožilja (Sheppard in sod., 2003).

2.4.1 Metabolizem holesterola

Metabolizem holesterola je kompleksen. Holesterol zaužijemo s hrano (eksogeni holesterol), sintetizira pa se tudi *de novo* v celicah (endogeni holesterol). Porast holesterola v krvi nastane zaradi velikega vnosa s holesterolom bogatih živil, nasičenih maščob in/ali presežka kalorij. Največ endogenega holesterola se tvori v jetrih. Sinteza je regulirana z vnosom eksogenega holesterola, z biosintezo holesterola, sekrecijo holesterola iz plazemskih lipoproteinov, s pretvorbo holesterola v žolčne soli in ponovnim kroženjem žolčnega holesterola iz črevesja v jetra. Jetra so vključena tako v samo sintezo kot tudi v predelavo holesterola in ostalih lipidov, ki se absorbirajo iz živil (Arnold in Kwiterovich, 2003).

Iz hrane se absorbira približno 50 % holesterola. Na LDL holesterol v krvi vplivajo zaužiti holesterol, nasičene maščobe, *de novo* sinteza in zamenjava oz. kroženje holesterola. Nasičene maščobne kisline s 14 ali 16 ogljikovimi atomi zvišujejo koncentracijo LDL holesterola, večkrat nenasičene maščobne kisline pa jo znižujejo (Arnold in Kwiterovich, 2003).

2.4.2 Holesterol v jajcih in njegov vpliv na zdravje ljudi

Več kot trideset let je jajce ikona za maščobe, holesterol in odvečne kalorije v prehrani sodobnega človeka. Med ljudmi je trdo zakoreninjeno svarilo pred pretiranim uživanjem jajc. Že leta 1913 je Anitschkow (cit. po Schaefer, 2002) prvič opozoril na vpliv zaužitega holesterola pri razvoju ateroskleroze pri zajcih. Od takrat je nešteto raziskav pokazalo, da več zaužitega holesterola pomeni tudi višjo koncentracijo holesterola v plazmi in posledično večjo nevarnost razvoja bolezni srca in ožilja.

Številne epidemiološke študije niso potrdile povezave med količino zaužitih jajc in povečanim tveganjem za razvoj bolezni, obstaja pa priporočilo o omejenem uživanju jajc. Čeprav zaužiti holesterol zvišuje koncentracijo celokupnega holesterola, rezultati raziskav opozarjajo na dejstvo, da se zvišata tako koncentracije LDL kot tudi HDL holesterola. HDL holesterol ima varovalni učinek v nasprotju z LDL, ki prenaša holesterol iz jeter do posameznih tkiv (Weggemans in sod., 2001). Razmerja med LDL in HDL je boljši pokazatelj nevarnosti srčno-žilnih obolenj, kot je količina celotnega holesterola v krvi (Holcman in sod., 2004).

Song in Kerver (2000, cit. po Nahtigal, 2004) sta ocenila vpliv uživanja jajc na prehranski status in koncentracijo holesterola v plazmi. Redno uživanje jajc ni povezano z višjo koncentracijo serumskega holesterola. Do enakih ugotovitev so v svojih raziskavah prišli tudi Simopoulos (2000, cit. po Surai in Sparks, 2001), McNamara (1995, cit. po Surai in Sparks, 2001) ter Ginsberg in sod. (1994, cit. po Surai in Sparks, 2001). V nasprotju s pričakovanji je serumski holesterol celo v negativni povezavi z zaužitim holesterolom oz. rednim uživanjem jajc. Ljudje, ki pojedo štiri ali celo več jajc na teden, imajo nižji nivo serumskega holesterola v primerjavi s tistimi, ki pojedo le eno ali manj. Rezultati zavračajo hipotezo o škodljivosti uživanja jajc in podpirajo rezultate epidemiološke študije, ki prav tako nasprotuje neposredni povezavi med zaužitim holesterolom in koncentracijo holesterola v krvi. Avtorja opozarjata na nevarnost, ki obstaja pri izključitvi jajc z jedilnika. Nadomestimo ga z jedmi, ki vsebujejo več energije in/ali maščob ali pa celo preskočimo zajtrk. Jajce s številnimi hranljivimi snovmi pomembno vpliva na zdravje:

varuje nas pred razvojem kroničnih bolezni v mnogo večji meri, kot pa jih pospešuje (Song in Kerver, 2000, cit. po Nahtigal, 2004).

2.4.3 Možnosti za spreminjanje vsebnosti holesterola v rumenjaku

S selekcijo lahko spremenimo vsebnost holesterola v jajcih, vendar predvsem v nezaželeni smeri, se pravi, da s selekcijo lahko zlasti uspešno povečamo vsebnost holesterola. Selekcija na manjšo vsebnost holesterola ima nezaželene učinke na valilnost in proizvodnost. Za normalen razvoj embria je potrebno v valilnem jajcu najmanj 2,5 % holesterola v suhi snovi rumenjaka (Holcman, 1998). Cunningham in sod. (1974, cit. po Griffin, 1992) so odkrili pozitivno korelacijo med valilnostjo in vsebnostjo holesterola v jajcu pri starševski generaciji, ki so jo uporabili v selekcijskem poskusu. Raziskava, ki je preučevala vpliv dvosmerne selekcije na vsebnosti holesterola, je razkrila, da ni statistično značilne razlike v valilnosti med linijama kokoši, ki so bile selekcionirene na večjo ali manjšo vsebnost holesterola v jajcu (Marks in Washburn, 1977).

Prosti holesterol kot krovna komponenta ni nujno potreben in se lahko nadomesti s steroli, ki so mu podobni po strukturi. Krmljenje nesnic z rastlinskimi steroli lahko povzroči postopno nadomeščanje rumenjakovega holesterola s sitosterolom (Griffin, 1992). Sitosterol spada med najbolj razširjene rastlinske sterole, ki so po sestavi podobni holesterolu, razlikujejo se le na stanskih verigi (Pavčič, M. 2001). Podobno lahko zaviranje sinteze holesterola s probukolom vodi do nadomeščanja holesterola z njegovim prekurzorjem demosterolom. Ker pa je holesterol obvezen posrednik pri sintezi številnih steroidnih hormonov, ki kontrolirajo reprodukcijo, se nadomeščanje holesterola z demosterolom ali sitosterolom izrazi kot prenehanje nesnosti (Griffin, 1992).

Oralno dajanje farmakoloških pripravkov nesnicam utegne nuditi učinkovit, preprost in gospodarsko upravičen pristop k zmanjševanju vsebnosti holesterola v jajcih. Vsekakor pa je treba oceniti absorpcijo, porazdelitev, metabolizem, izločanje in možne negativne vplive vsakega pripravka (Elkin in sod., 1993).

V preteklih 25. letih so mnoga hipoholesterolna zdravila za ljudi uporabili tudi pri kokoših nesnicah. Toda do zdaj sta se za učinkovita pokazala le lovastatin in PD 123244-15, saj ne

prekineta nesnosti in ne povzročata akumulacije nezaželenih metabolitov v jajcu (Elkin in sod., 1993). Zaviranje sinteze holesterola z lovastatinom ima malo vpliva na sestavo VLDL. Celo v jetrih je primarni vpliv lovastatina na zmanjšanje količine estrov holesterola večji, kot na prosti holesterol, ki ostaja konstanten (Kahn in sod., 1989, cit. po Griffin, 1992).

Estri holesterola so bolj podvrženi spremembam kot prosti holesterol. Zaradi tega je možno, da majhne padce v količini holesterola v jajcih dosežemo z redukcijo estrov holesterola. Elkin in Rogler (1989, cit. po Griffin, 1992) poročata o 11 % zmanjšanju celotne količine holesterola v rumenjaku po 35. dnevnem dodajanju lovastatina v krmo nesnicam. Ker je 20 % holesterola v jajcih v obliki estrov, bi lahko redukcijo celotnega holesterola pripisali estrom holesterola.

Krmljenje holesterola kuncem in golobom povzroči postopno nadomeščanje VLDL trigliceridov z estri holesterola, vsebnost prostega holesterola pa se ni spremenila. Podobni mehanizmi so verjetno vzrok velikega porasta holesterola v rumenjaku, kadar v obroke nesnic dodajamo holesterol, vendar to še ni bilo podrobno raziskano (Griffin, 1993).

Vsi rezultati, ki so na voljo, močno nakazujejo, da je mogoče doseči manjše zmanjšanje holesterola v rumenjaku z uravnavanjem sinteze holesterola. Vendar pa obstajajo tudi drugi temeljni pristopi, o katerih bi se dalo razpravljati. Na primer, vitelogenin in VLDL tekmujeta za isti receptor, ki se nahaja na membrani oocite. Če bi spremenili njuna deleža v plazmi, bi povečali delež vitelogenina na račun znižanja VLDL v oociti. Tak preobrat bi postopno privedel do zmanjšanja vsebnosti holesterola v rumenjaku. Vpliv te spremembe na fiziologijo nesnice, razvoj embria in kakovost rumenjaka je dvomljiv (Griffin, 1992).

Alternativni pristop, ki bi omogočil uravnavanje aminokislinskega zaporedja v apo-VLDL-II (pomemben pri sestavi lipoproteinov), bi vplival na privlačnost lipoproteinske skorje za holesterol. Pri tem bi bilo potrebno še veliko vedeti o fizikalno kemijskih lastnostih proteinov in o sami vlogi apo-VLDL-II (Griffin, 1992).

2.5 VPLIVI NA VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH

2.5.1 Vrsta perutnine

Tako koncentracija holesterola na gram rumenjaka (mg/g rumenjaka) kot tudi skupni holesterol v jajcu se razlikujeta med različnimi vrstami perutnine. Choi in sod. (2001) poročajo o tem, da je koncentracija holesterola v rumenjaku najvišja pri rdečenogi jerebici, sledijo pa ji fazan, pegatka in prepelica, medtem ko si po vsebnosti skupnega holesterola v jajcu sledijo pegatka, fazan, rdečenoga jerebica in prepelica. Opazili so, da obstaja obratna povezava med koncentracijo holesterola v rumenjaku in skupnim holesterolom v jajcu pri teh vrstah perutnine, razen pri prepelici.

Do enakih opazovanj sta prišla tudi Bair in Marion (1978) pri drugih vrstah perutnine. Veliko vsebnost holesterola v rumenjaku pri golobici pa sta razložila z majhno velikostjo jajca in slabšo nesnostjo. Statistično značilno razliko v koncentraciji holesterola v rumenjaku pa sta odkrila tudi med domačimi in divjimi purami ter gosmi (preglednica 3). Nadaljnje raziskave med domači in divjimi vrstami perutnine bi znale biti zanimive, saj bi lahko privedle do lažjega razumevanja evolucijskega razvoja metabolizma lipidov in holesterola.

Že leta 1971 sta Turk in Barnett ugotovila večjo vsebnost holesterola v jajcih pur, rac in prepelic kot v kokošjih jajcih, ki sta jih vključila v raziskavo. Tudi Baumgartner in sod. (1994) so v jajcih japonske prepelice določili večjo vsebnost holesterola (17,81 mg holesterola/g rumenjaka) v primerjavi z ostalimi podatki o prepelicah, ki so v preglednici 3. Avtorji so prišli do različnih podatkov. Tako na primer Turk in Barnett (1971) poročata, da je vsebnost holesterola v jajcu pri domači puri 678 mg holesterola/jajce, Bitman in Wood (1980) sta prišla do podobnih rezultatov in sicer 681 mg holesterola/jajce (23,97 mg holesterola/g rumenjaka), medtem ko so Bair in Marion (1978) ter Maurice in sod. (1994) prišli do manjših vrednosti 458 mg holesterola/jajce (16,74 mg holesterola/g rumenjaka) in 393 mg holesterola/jajce (16,8 mg holesterola/g rumenjaka).

Horbañczuk in sod. (1999) so določili količino holesterola v jajcih rdečevratega in modrovratega noja, ki so jih redili v običajnih farmskih pogojih. Jajca rdečevratega noja so v povprečju vsebovala 13,03 mg holesterola/g rumenjaka, jajca modrovratega noja so imela v povprečju nekoliko manjšo vrednost in sicer 10,80 mg holesterola/g rumenjaka.

Preglednica 3: Vsebnost holesterola v jajcih različnih vrst

Vrsta ptice	mg holesterola/g rumenjaka			
	1	2	3	4
rdečenoga jerebica	21,79			
fazan	19,79	14,10		13,5-15,7
pegatka	15,85	12,80		14,7
prepelica	12,96	14,30	12,83	14,7
domača raca		17,00		15,6
divja raca - mlakarica		15,38	21,10	
bela gos		17,50		
afriška gos		15,87		
domača pura		16,74	23,97	16,8
divja pura		14,81		18,1
golobica		22,00	22,48	
pavica			19,66	16,5
galeb			15,88	
rjavi pelikan			14,40	
čaplja			22,28	
kokoš beli leghorn			14,51	11,5-11,8
kokoš srebrna plumutka			16,86	

1 – Choi in sod. (2001) 2 – Bair in Marion (1978) 3 – Bitman in Wood (1980) 4 – Maurice in sod. (1994)

V Braziliji sta leta 2003 Bragagnolo in Rodriguez-Amaya določila vsebnost holesterola v kokošjih in prepeličjih jajcih ter ugotovila, da je povprečna vsebnost holesterola v jajcih kokoši (12,0 mg holesterola/g rumenjaka) zelo podobna vrednosti holesterola v jajcih prepelice (12,1 mg holesterola /g rumenjaka). S to raziskavo sta ovrgla splošno prepričanje ljudi v Braziliji, da prepeličja jajca vsebujejo manj holesterola.

2.5.2 Pasma in linija kokoši

Bair in Marion (1978) sta vključila v raziskavo sedem linij kokoši parjenih v sorodstvu (pet linij leghorna, eno linijo španke, eno linijo foyoumi), petnajst čistih pasem kokoši (ankona, araukana, grahasta plimutka, australorp, črni giant, črna minorka, rjavi leghorn, rjavorumen orpington, buttercup, korniš, langšan, svetla brama, njuhempšir, rodajland, viandot) in sedemnajst komercialnih ter poskusnih linij. Določila sta povprečno vsebnost holesterola 14 mg/g rumenjaka vseh linij in pasem kokoši. V enem povprečno težkem jajcu je bilo 243,5 mg holesterola. Do podobnih povprečnih vrednosti so pred njima prišli že Rangacher in sod. (1970, cit. po Bair in Marion, 1978) ter Feeley in sod. (1972, cit. po Bair in Marion, 1978) in sicer 12,9 in 14, 8 mg holesterola/g rumenjaka.

Statistično značilno razliko med različnimi pasmami kokoši so ugotovili Maurice in sod. (1994). Največjo vrednost znotraj skupine ameriških pasem kokoši so imele kokoši pasme njuhempšir (15,2 mg holesterola/g rumenjaka), sledijo jim kokoši pasme grahasta plimutka (13,3 mg holesterola/g rumenjaka) in rodajland (13,0 mg holesterola/g rumenjaka). V skupini mediteranskih pasem kokoši pa so obravnavali dve različno stari skupini kokoši leghorn. Vrednost holesterola v jajcu se ni spreminjala z velikostjo jajca (11,5 mg holesterola/g rumenjaka – masa jajca 57,0 g in 11,8 mg holesterola/g rumenjaka – masa jajca 63,2 g).

Jajca kokoši araukana imajo po raziskavah Cunninghama (1977, cit. po Jiang in Sim, 1991) 4 % več holesterola kot jajca pasme leghorn. Do podobnih rezultatov sta leta 1985 prišla tudi Simmons in Somes, saj naj bi jajca araukana vsebovala 7 % več holesterola v rumenjaku kot jajca kokoši leghorn.

Arh (1995) je preučevala vpliv beta agonista na vsebnost holesterola v jajcih. V jajcih poskusne skupine prelux-G kokoši so se vrednosti za holesterol gibale od 14,23 do 17,54 mg/g svežega rumenjka, v kontrolni pa od 13,40 do 17,35 mg/g svežega rumenjaka. Skupna vsebnost holesterola v jajcih pa je bila od 193 do 258 mg/jajce.

Nielsen (1998) je določil vsebnost holesterola v jajcih kokoši lohmann. Kokoši stare 21 tednov so nesle jajca s povprečno 23,4 ± 1,7 mg holesterola/g suhega rumenjaka. Kasneje, v starosti 56 tednov pa se je vsebnost holesterola zmanjšala na 20,4 ± 1,6 mg holesterola/g suhega rumenjaka. Razlika v vsebnosti holesterola v rumenjaku ni bila statistično značilna.

Bragagnolo in Rodriguez-Amaya (2003) sta odkrila, da ni značilne razlike v vsebnosti holesterola med jajci z rjavo (12,3 ± 0,4 mg holesterola/g rumenjaka) in belo (12,3 ± 1,1 mg holesterola/g rumenjaka) barvo jajčne lupine, ki so bila znesena v Braziliji. Do enakih zaključkov v svoji raziskavi so prišli tudi Cores in sod. (1995) ter Meluzzi in sod. (1993). Kokoši nesnice hyline (bela barva jajčne lupine) so imele 12,6 mg holesterola/g rumenjaka, kokoši warren (rjava barva jajčne lupine) pa so imele 13,0 mg holesterola/g rumenjaka. Razlika ni bila statistično značilna (Cores in sod., 1995). Meluzzi in sod. (1993) pa so določili vsebnost holesterola v jajcih kokoši warren 13,59 mg holesterola/g rumenjaka in pri hyline 13,32 mg holesterola/g rumenjaka. Basmacioğlu in Ergül (2005) sta prišla do nasprotne ugotovitve in sicer, da obstaja značilna razlika ($p<0,01$) med jajci belih nesnic (babcock-300) in jajci rjavih nesnic (isabrawn). Jajca z belo barvo lupine so imela manjšo vsebnost holesterola v rumenjaku (13,32 ± 0,064 mg holesterola/g rumenjaka) kot jajca rjavih nesnic (13,76 ± 0,064 mg holesterola/g rumenjaka). Prav tako sta odkrila, da obstaja pozitivna in statistično značilna korelacija med vsebnostjo holesterola v jajcu in maso jajca ter rumenjaka in med serumskim holesterolom ter nesnostjo pri rjavih in belih nesnicah.

Chung in sod. (1991) so določili količino holesterola v jedilnih jajcih iz jat bele leghorn pasme, ki so jih redili na različnih farmah v Kanadi. Kokoši so bile stare od 27 – 52 tednov. V rumenjaku so določili povprečno vsebnost holesterola 13,0 ± 1,0 mg/g.

Sheridan in sod. (1982) so določili povprečno vsebnost holesterola v jajcih linijskih križank pasem avstralorp in beli leghorn. Jajca so vsebovala 12,99 do 13,60 mg holesterola/g rumenjaka. Razlike med linijskimi križankami v vsebnosti holesterola v jajcih so bile statistično značilne ($p<0,05$).
Kokoši polish green-food so imele statistično značilno manj holesterola v jajcih kot kokoši beli leghorn in rodajland, so poročali Stępińska in sod. (1993).

Onobaşilar in sod. (2001) so poročali o različni vsebnosti holesterola v jajcih turške lokalne pasme denizli in komercialne nesnice hyline brown. Kokoši so bile enako stare (44 tednov) in krmljene z enako krmno mešanico. Povprečna koncentracija holesterola v rumenjakih denizli pasme je bila večja (13,4 mg/g) kot v rumenjakih hyline brawn (12,85 mg/g). Skupna vsebnost holesterola v jajcih pa je bila značilno večja ($p<0,05$) v jajcih denizli pasme (238,87 mg/jajce) v primerjavi s hayline brown (216,73 mg/jajce). Sklepali so, da je večja vsebnost holesterola v jajcih denizli pasme posledica manjše mase jajca (55,61 g) in večje mase rumenjaka (18,06 g) kot pri jajcih hyline brown, kjer je jajce v povprečju tehtalo 66,28 g in rumenjak 16,88 g.

Do podobnega zaključka je prišla tudi Simčič (2003), saj je bil večji delež rumenjaka v jajcih štajerskih kokoši (31,28 ± 1,47 %) kot v jajcih isabrawn kokoši (22,56 ± 1,49 %). Avtorica je ugotovila, da obstaja statistično značilna razlika ($p<0,0001$) med slovensko avtohtono pasmo štajerske kokoši (13,46 ± 1,36 mg holesterola/g rumenjaka) in najbolj razširjeno provenienco kokoši isabrawn v Sloveniji (11,68 ± 0,63 mg holesterola/g rumenjaka). Sezona, rejec in interakcija med vplivi (genotip, način reje, rejec, sezona) niso statistično značilno vplivali na vsebnost holesterola v jajcih.

2.5.3 Proizvodni tip

Jajca kokoši za proizvodnjo pitovnih piščancev (brojlerjev) vsebujejo značilno več holesterola (369 mg/jajce) kot jajca komercialnih nesnic (251 mg/jajce) (Turk in Barnett, 1971). Tudi Collins in sod. (1968) so ugotovili, da so imele tri jate težkega tipa kokoši v jajcih značilno večjo vsebnost holesterola (30,3; 27,9; 28,1 mg holesterola/g suhega rumenjaka) kot v dveh jatah lahkega tipa kokoši (24,4; 25,1 mg holesterola/g suhega rumenjaka). Leta 1977 sta Marks in Washburn prav tako poročala, da je vsebnost holesterola večja v jajcih težke pasme (athens-canadian) v primerjavi z leghorn pasmo.

Suchý in sod. (2004) so preučevali razlike med nesnim (moravia BSL) in težkim (cobb 550) tipom kokoši v hematoloških in biokemičnih parametrih v krvni plazmi. Kokoši so bile stare 20 tednov. Vzorce krvi so jemali vsakih pet tednov v času nesne sezone (od starosti 25. do 50. tedna). Ugotovili so statistično značilno razliko pri povprečni vrednosti holesterola v krvi med obema proizvodnima tipoma. Povprečne vrednosti holesterola v

plazmi pri nesnem tipu kokoši so bile med 3,13 mmol/l in 6,18 mmol/l, medtem ko so bile pri težkem tipu kokoši povprečne vrednosti holesterola v krvi manjše in sicer od 2,18 mmol/l do 4,85 mmol/l.

2.5.4 Dvosmerna selekcija

Marks in Washburn (1977) sta dvosmerno selekcionirala dva genotipa kokoši (leghorn in težki tip) na vsebnost holesterola v jajcih. Povprečne vrednosti holesterola v jajcih za oba genotipa so prikazane v preglednici 4. Težki tip kokoši so selekcionirali štiri leta, medtem ko so s selekcijo leghorn kokoši začeli eno leto kasneje. Vsebnost holesterola v jajcih pri kontrolnih skupinah leghorn kokoši je bila preko vseh generacij zelo podobna. Vse povprečne vrednosti holesterola pri kontrolni skupini težkega tipa pa so bile nekoliko večje kot pri leghorn kokoših. To potrjuje tudi poročilo, ki sta ga napisala Turk in Barnett (1971), da je vsebnost holesterola v jajcih kokoši težkega tipa večja od vsebnosti holesterola v jajcih nesnega tipa kokoši.

Največja razlika v vsebnosti holesterola v jajcih med linijo z majhno vsebnostjo holesterola in linijo z veliko vsebnostjo holesterola pri obeh genotipih je razvidna v zadnji generaciji selekcije (1,27 in 1,38 mg holesterol/g rumenjaka). To pa nakazuje na vse večje razhajanje linij iz generacije v generacijo (Marks in Washburn, 1977).

Preglednica 4: Povprečna vrednost holesterola (mg holesterola/g rumenjaka) in standardni odklon za selekcionirani liniji in kontrolno skupino po generacijah (Marks in Washburn, 1977: 181)

Genotip kokoši	Gen.	Leto	Linija -	Linija +	Razlika	Kontrolna skupina
težki tip	S_1	1972	17,94±2,42	18,53±3,21	0,59	…
	S_2	1973	17,07±1,62	18,12±1,98	1,05	18,13±2,06
	S_3	1974	18,30±3,29	19,04±2,12	0,75	17,43±2,01
	S_4	1975	18,90±168	20,17±1,58	1,27	19,00±1,60
leghorn	S_1	1973	16,34±1,45	16,93±1,66	0,59	17,48±1,68
	S_2	1974	17,03±1,57	18,09±2,46	1,06	17,04±2,80
	S_3	1975	17,56±3,21	18,94±2,19	1,38	17,15±1,89

Gen.: generacija

Linija -: linija z majhno vsebnostjo holesterola

Linija +: linija z veliko vsebnostjo holesterola

Razlika: razlika med linijo – in linijo +

Rezultati, ki sta jih dobila v svoji raziskavi, potrjujejo obstoj genetske variabilnosti v koncentraciji holesterola v rumenjaku. Ugotovila sta, da je bila selekcija učinkovita samo v navzgor selekcioniranih linijah pri obeh genotipih kokoši. Neuspeh v znižanju koncentracije holesterola v jajcih pa je jasno razviden v povprečnih vrednostih holesterola pri liniji z majhno vsebnostjo holesterola skozi vse generacije pri obeh genotipih kokoši (preglednica 4).

Ansah in sod. (1985) pa so selekcionirali tri generacije kokoši leghorn na manjšo vsebnost holesterola in ugotovili značilno ($p<0,01$) manjšo vsebnost holesterola v rumenjaku pri selekcioniranih linijah v primerjavi s kontrolno linijo v vseh treh generacijah. Avtorji so mnenja, da je prišlo do različnih rezultatov med to študijo in tisto, ki sta jo opravila Marks in Washburn leta 1977, zaradi nekoliko drugačnega postopka selekcije ali pa preteklih genetskih razlik med kokošmi pasme leghorn. Znižanje koncentracije holesterola v rumenjaku (mg holesterola/g rumenjaka), ki je izraženo v odstotku, znaša 2,2 v prvi generaciji, 2,4 v drugi generaciji in 5,4 v tretji generaciji.

Ker holesterol v rumenjaku izhaja iz plazemskega holesterola, je logično, da mora obstajati povezava med holesterolom v plazmi in v rumenjaku. Vendar pa ta povezava ni jasna, zato sta Marks in Washburn (1991) osemnajst generacij selekcionirala japonske prepelice na visok in nizek nivo plazemskega holesterola kot odgovor na eksogeni adenokortikotropin. V devetnajsti generaciji sta prenehala dajati eksogeni adenokortikotropin in po nadaljnjih sedmih letih dvosmerne selekcije določila holesterol v rumenjaku in plazmi. Po petindvajsetih generacijah so imele prepelice z visokim nivojem holesterola v krvni plazmi 355 mg holesterola/100 ml in prepelice z nizkim nivojem plazemskega holesterola 217 mg holesterola/100 ml, razlika je bila statistično značilna ($p<0,001$). Vrednost holesterola v rumenjakih linije z veliko vsebnostjo plazemskega holesterola (22,7 mg holesterola/g rumenjaka) je tako večja kot pri prepelicah z nizkim nivojem holesterola v krvni plazmi (19,2 mg holesterola/g rumenjaka). Razlika pa je prav tako statistično značilna ($p<0,05$). Do podobnih ugotovitev so leta 1980 prišli tudi Hollands in sod. (cit. po Marks in Washburn, 1991), medtem ko so Weiss in Scot (1979, cit. po Marks in Washburn, 1991) ter Washburn in Nix (1974b, cit. po Marks in Washburn, 1991) zaključili svoje raziskave z ugotovitvijo, da obstaja malo ali pa nič povezave med plazemskim holesterolom in holesterolom v jajcu. Kot možni vzrok za te neenake ugotovitve v raziskavah navajajo različno okolje in različne interakcije.

2.5.5 Drugi vplivi na vsebnost holesterola v jajcu

Dejavniki, ki vplivajo na vsebnost holesterola v jajcu, so tudi starost kokoši, masa jajca, mesto jajca v seriji, način reje, sezona, genski inženiring in prehrana.

Trend gibanja holesterola glede na starost kokoši je v veliki meri odvisen od mase jajca. S starostjo nesnice se vsebnost holesterola v jajcu (mg/jajce) povečuje, čeprav koncentracija v rumenjaku pada, kar kaže na dejstvo, da je pridobivanje mase rumenjaka večje, kot je zmanjšanje koncentracije holesterola v rumenjaku. Dejavnik, ki določa vsebnost holesterola v jajcu, je masa jajčnega rumenjaka. Lažji rumenjak vsebuje manj holesterola kot težji rumenjak. Manjša jajca imajo manjše rumenjake in s tem manj holesterola, obenem pa tudi manj hranilnih snovi. Idealno jajce z majhno vsebnostjo holesterola bi tako bilo veliko jajce z majhnim rumenjakom oziroma z majhnim deležem rumenjaka (Jiang in Sim, 1991). Do podobnih ugotovitev so prišli tudi drugi raziskovalci: Turk in Barnett

(1971), Stępińska in sod. (1993), Cores in sod. (1995) ter Meluzzi in sod. (1993). Nielsen (1998) je prišel do ugotovitve, da so skupni lipidi, skupni holesterol in vsebnost fosfolipidov na gram rumenjaka v jajcu enaki pri kokoših lohmann starih od 21 do 57 tednov.

Washburna in Marksa (1977) je zanimalo, če vsebujejo vsa jajca, ki so bila znesena v eni seriji, enako količino holesterola ali se le-ta spreminja z različnim mestom jajca v seriji. Povprečna vsebnost holesterola v jajcih se je zmanjševala z dolžino serije in večjo intenzivnostjo nesnosti. Čim daljša je bila serija, manj je bilo holestrola v jajcih.

Turk in Barnett (1971) sta v svoje raziskave vključila tudi različno uhlevitev živali in odkrila, da kokoši v kletkah nesejo jajca z malo manj holesterola (244 mg/jajce) kot tiste kokoši, ki so v talni reji (258 mg/jajce), vendar razlike niso bile statistično značilne. Tudi Tolan in sod. (1974) so opravili podoben preizkus, v katerega so vključili jate kokoši iz baterijske reje, talne reje in reje v izpustu pokritem s travno rušo. Ugotovili so, da se jajca iz baterijskih rej in rej v izpustu statistično značilno ne razlikujejo po vsebnosti večine hranilnih snovi, kar velja tudi za holesterol.

Harris in Wilcox (1963) sta preučevala vpliv sezon (mesecev) na vsebnost holesterola v jajcih. Jajca so zbirali od avgusta do junija. Koncentracija holesterola v rumenjaku se je večala od avgusta (25,1 ± 0,20 mg holesterola/g rumenjaka) do februarja (26,1 ± 0,24 mg holesterola/g rumenjaka), ko je dosegla največjo vrednost. Od aprila naprej se je koncentracija zmanjševala. Ugotovila sta, da se koncentracija holesterola povečuje skladno s sezono, le-ta pa sovpada z normalnim povečanjem mase rumenjaka in jajca. Vse to naj bi povzročila sprememba temperature okolja. Zaključila sta, da so sezonske spremembe v vsebnosti holesterola v jajcih značilne, a le z 1 % verjetnostjo. Tolan in sod. (1974) pa so ugotovili, da se v sestavi jajca med letom spreminjajo samo koncentracije posameznih vitaminov (riboflavin, vitamin B_{12},…).

Verrinder Gibbins in Brazolot (1994) sta preučila kako z genskim inženiringom zmanjšati vsebnost holesterola v jajcih in s tem povečati zauživanje jajc, ki v razvitih deželah trenutno pada ali stagnira. Na voljo je več možnosti za spremembo sestave jajca.

Koncentracije običajnih komponent jajc lahko zvišajo ali znižajo, mogoče je spremeniti tudi njihove funkcionalne lastnosti. Tak primer je beljakovina lizocim, ki ima bakteriocidni učinek in bi jo lahko širše uporabljali, če bi jo priznali kot antimikrobno sestavo hrane. Avidin je drug primer in se že uporablja kot komponenta označevalnih sistemov v diagnostiki. Pomemben pa je tudi ovalbumin, ki se v farmacevtski industriji uporablja kot sestavina tablet in ima funkcijo nosilca zdravila. Spremembe v sestavi jajčnega beljaka ne bi povzročale problemov kokošim, ker se na novo sintetizirane beljakovine beljaka takoj izločijo v magnum in se vključijo v jajce. Drugače pa je z modificiranimi beljakovinami rumenjaka, ki se sintetizirajo izven jajčnika in morajo priti po krvnem obtoku ter biti neškodljive za kokoš, preden se vključijo v razvijajočo se oocito.

Raziskovalci so opravili različne prehranske poizkuse, da bi preverili vplive posameznih krmnih mešanic na vsebnost holesterola v jajcih. Tako so na primer Shafey in sod. (1992) primerjali vplive različnih žit (pšenica, tritikala, rž) in sojinega olja v krmi za nesnice na vsebnost holesterola v rumenjaku. Nesnice, katerih osnovna krma je bila pšenica ali tritikala, so znesle več jajc, le-ta so bila težja in so vsebovala manj holesterola kot jajca kokoši, katerih osnovna krma je rž. Med skupinami, ki so bila osnovana na osnovi različnih žit, ni bilo značilnih razlik v vsebnosti holesterola v jajcu. Dodatek sojinega olja je povečal nesnost in maso jajc, na vsebnost holesterola pa ni značilno vplival.

Basmacioğlu in sod. (2001) so v krmne mešanice za kokoši nesnice dodajali ribje olje in olje iz lanenih semen. Koncentracija holesterola v rumenjaku je bila značilno manjša v jajcih kokoši, ki so bile krmljene z dodatkom 1,5 % ribjega olja ali 3 % lanenega olja v primerjavi z jajci kontrolne skupine kokoši. Tudi Murata in sod. (1999) so poskušali pojasniti učinke različnih vrst olj v kokošji krmi na vsebnost holesterola v jajcih. Primerjali so sojino, ogrščično in ribje olje ter perutninsko olje kot stranski proizvod. Ugotovili so, da dodatek različnih olj v krmo za nesnice značilno vpliva na nivo holesterola v jajcih. Najmanj holesterola je bilo v jajcih kokoši, ki so uživale sojino olje (12,9 mg/g rumenjaka), največ pa v jajcih tistih kokoši, ki so bile krmljene z dodatkom ribjega olja (13,3 mg/g rumenjaka). Basmacioğlu in Ergül (2001) sta v obsežen poizkus vključila 840 kokoši, starih enaindvajset tednov. Kokoši sta razdelila v 40 skupin glede na pasmo, uhlevitev in prehrano. V krmi sta uporabila dva različna vira maščob (sojino olje in

živalske maščobe). Dodala pa sta tudi 2 do 4 % lignificirane celuloze in vitamin C. Ugotovila sta značilen učinek dodanih vlaknin in sojinega olja na zmanjšano vsebnost holesterola v jajcih. Dodatek vitamina C v krmo za kokoši ni značilno zmanjšal vsebnosti holesterola v jajcih. V krmila za perutnino se vključujejo tudi stranski produkti pivovarske industrije, na primer pivske tropine in ječmenova moka z velikim deležem beljakovin. Obe sestavini krme naj bi vsebovali substance, ki zavirajo sintezo holesterola v jetrih (Beyer in Jensen, 1993). Splošno mnenje je, da vlaknina vpliva na metabolizem maščob s tem, da prekine enterohepatski krog z vezanjem žolčnih kislin in preprečuje njihovo ponovno absorpcijo. Poleg tega se večji delež holesterola iz jeter porabi za sintezo žolčnih kislin, zaradi česar je na voljo manj holesterola za lipoproteine. Sim in sod. (1980, cit. po Beyer in Jensen, 1993) so ugotovili, da nesnica dnevno izloči z blatom le 10 mg holesterola. Iz tega lahko sklepamo, da tudi obsežno izločanje sterolov ob pomoči vlaknin ne bo imelo velikega vpliva na zmanjšanje približno 200 mg holesterola, ki se ga zbere v jajcu.

Cobos in sod. (1995) so v poizkus vključili dve liniji kokoši (beli in rjavi leghorn) in jih krmili s štirimi različnimi krmnimi mešanicami, ki so se razlikovale na osnovi sestave maščobnih kislin. Ugotovili so, da med njimi ni statistično značilne razlike v vsebnosti holesterola v jajcu in v kemični sestavi rumenjaka. Opazili pa so statistično značilno razliko v maščobnokislinski sestavi rumenjakovih lipidov in sicer v koncentraciji C 18:1 in C 18:2. Nobenih razlik pa niso zasledili pri vsebnosti nasičenih maščobnih kislin. Le deleži maščobnih kislin C 16:1, C 18:0 in C 20:4 so se med linijama razlikovali. Raziskavo so zaključili z ugotovitvijo, da lahko s prilagojeno prehrano vplivajo na količino nenasičenih maščobnih kislin, kar pa je pomembno v prehrani človeka.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Na perutninskem obratu Krumperk, Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete smo vzeli naključni vzorec 30 jajc po pasmi oziroma liniji. V poskus smo vključili naslednje pasme in linije: slovenska grahasta kokoš, rodajland, srebrno kokoš, štajerska kokoš, bela plimutka - linija B, bela plimutka - linija P, slovenska sintetična linija WM, liniji D(+) in D(-). Vse kokoši so bile približno enake starosti, krmljene so bile s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Kurnica je bila brez oken. Dnevna osvetlitev je trajala 14 ur. Kokoši so bile v talni reji na nastilu.

Zbrana jajca smo označili znotraj posamezne pasme ozirama linije, jih stehtali in odbrali 10 najtežjih jajc. Za vse pasme in linije smo pripravili liofilizirane vzorce rumenjakov, holesterol pa smo v okviru te naloge določali le v jajcih treh linij: D(+), D(-) in slovenski sintetični liniji WM. Kokoši linije D(+) in D(-) so bile stare 49 tednov. Kokoši slovenske sintetične liniji WM pa so bile stare 50 tednov. Kokoši linij D(+), D(-) in WM so spolno dozorele pri različni starosti. Prvo jajce so znesle kokoši linije WM v starosti 25. tednov. Kokoši linij D(+) in D(-) pa so pričele z nesnostjo kasneje in sicer kokoši linije D(+) v 33. tednu in kokoši linije D(-) v 36. tednu starosti. Jajca za analizo smo odvzeli pri kokoših linije D(+) v 17. tednu nesnosti, pri kokoših linije D(-) v 14. tednu nesnosti in pri kokoših linije WM v 26 tednu nesnosti.

3.2 METODE DELA

Laboratorijski del naloge smo opravili v laboratoriju Katedre za prehrano. Rumenjake smo liofilizirali in v takšnih določili vsebnost suhe snovi s sušenjem (Official methods of analysis, 1990) ter vsebnost holesterola s spektrofotometrično metodo (Boehringer - Mannheim, 1987).

Pravilnost in zanesljivost metode smo preverili z določitvijo holesterola v certificiranem referenčnem materialu Cholesterol in Whole Egg Powder NIST CRM 1845 (National Institute of Standards and Technology, 1989).

3.2.1 Priprava vzorca in liofiliziranje rumenjakov

Vsako jajce smo obrisali s suho papirnato brisačko, ga označili, stehtali in razbili. Beljak in rumenjak smo ločili ročno in oba dela ponovno stehtali. Beljak in lupino smo zavrgli, medtem ko smo rumenjak dali na označeno in stehtano alu folijo, ga prebodli z iglo in dobro premešali. Tako pripravljene vzorce smo zložili na stojalo liofilizatorja in vse skupaj postavili v zamrzovalno skrinjo čez noč. Zamrznjene vzorce smo liofilizirali približno 24 ur. Pri liofilizaciji voda iz vzorca sublimira v visokem vakuumu. Po končani liofilizaciji smo pustili vzorce na sobni temperaturi približno 2 uri, jih ponovno stehtali na 0,0001 g natančno, homogenizirali v kavnem mlinčku in vakuumsko zapakirali v označene plastične vrečke ter shranili v zamrzovalni skrinji na – 20º C do analize.

$$ZSS - zračna\ suha\ snov = \frac{masa\ vzorca\ \ po\ liofilizaciji\ (g)}{masa\ rumenjaka\ (g)} * 1000 \quad [g/kg] \qquad \ldots(1)$$

3.2.2 Določitev sušine v rumenjakih

1. V označene tehtiče smo dodali kvarčni pesek (kremen), stekleno palčko in na pol pokrili s pokrovčkom. Tako pripravljene tehtiče smo zložili na pladenj in jih sušili 1 uro na 120º C.
2. Suhe, ohlajene tehtiče smo stehtali, dodali od 3 do 5 g vzorca in dobro premešali. Kvarčni pesek smo dodali zato, da se vzorec lažje posuši. V nasprotnem primeru bi se rumenjak zlepil in posušil le od zunaj (naredila bi se skorja) od znotraj pa ne. Vzorce smo sušili v sušilniku do konstantne mase pri temperaturi 103º C tri ure.
3. Po sušenju smo vzorce ohladili v eksikatorju in jih ponovno stehtali.
4. Izračun suhe snovi - SS (po sušenju v sušilniku) je enak kot izračun zračne suhe snovi.

$$SS - suha\ snov = \frac{masa\ \ posušenega\ vzorca\ (g)}{masa\ liofiliziranega\ \ vzorca\ (g)} * 1000 \quad \left[g/kg \right] \qquad \ldots(2)$$

5. Izračun celotne suhe snovi – SS v rumenjaku:

$$celotna\ SS = \frac{SS * ZSS}{1000} \quad \left[g/kg \right] \qquad \ldots(3)$$

3.2.3 Priprava filtrata za določanje holesterola

V 50 ml merilno bučko smo zatehtali 0,25 g liofiliziranega rumenjaka na štiri decimalna mesta natančno. Dodali smo 1 g kvarčnega peska, 20 ml sveže pripravljene raztopine kalijevega hidroksida v metanolu (1,0 mol/l) in 10 ml izopropanola. Zmes smo segrevali 30 minut pri 67º C. Na bučko smo namestili Liebigov hladilnik, vsebino bučke pa mešali z magnetnim mešalom. Motno raztopino smo ohladili na sobni temperaturi. Nato smo iz bučke odstranili magnetno mešalo in zmes v bučki z izopropanolom dopolnili do oznake, dobro premešali, filtrirali skozi grob filter papir in uporabili bister filtrat za določitev holesterola v vzorcu.

3.2.4 Določitev holesterola v filtratu

Princip:

Holesterol z encimom holesterol oksidazo oksidiramo v holestenon. Pri tej reakciji nastane vodikov peroksid, ki v prisotnosti katalaze oksidira metanol v formaldehid. Le-ta v prisotnosti amonijevih ionov reagira z acetilacetonom in tvori rumeno lutidinsko barvilo.

Reakcije:

$$holesterol + O_2 \xrightarrow{holesterol\ \ oksidaza} holestenon + H_2O_2$$

$$metanol + H_2O_2 \xrightarrow{katalaza} formaldehid + 2\,H_2O$$

$$formaldehid + NH_4^+ + 2\,acetilaceton \longrightarrow lutidinsko\ barvilo + 3\,H_2O$$

Koncentracija lutidinskega barvila je sorazmerna s koncentracijo holesterola in se določa spektrofotometično z merjenjem absorbance pri valovni dolžini 405 nm.

Reagenti za določanje holesterola vsebujejo:

- *Reagent 1* (95 ml) raztopina, sestavljena iz amonijevega fosfatnega pufra (pH 7), metanola (2,6 mol/l), katalaze (22000 U) in stabilizatorjev
- *Reagent 2* (60 ml) raztopina, sestavljena iz acetilacetona (0,05 mol/l), metanola (0,3 mol/l) in stabilizatorjev
- *Reagent 3* (0,8 ml) suspenzija, ki vsebuje encim holesterol oksidazo (12 U)

Delovna raztopina = *reagent 4* je mešanica iz treh delov reagenta 1 in dveh delov reagenta 2. Delovno raztopino hranimo v temni steklenici pri sobni temperaturi. Pred uporabo mora raztopina 1 uro mirovati. Reagent 3 uporabljamo nerazredčen.

Izvedba analiznega postopka:

V testne epruvete odpipetiramo 5 ml delovne raztopine in 0,4 ml filtrata vzorca. Vsebino epruvet dobro premešamo, nato v čisto tesno epruveto odpipetiramo 2,5 ml mešanice delovne raztopine in vzorca ter dodamo 0,02 ml reagenta 3. Ostanek v prvi testni epruveti služi kot slepi vzorec. Vsebini v obeh testnih epruvetah dobro premešamo, pokrijemo s parafilmom in eno uro inkubiramo v vodni kopeli pri temperaturi 37 - 40º C. Ohladimo na sobno temperaturo, nato izmerimo absorbanco vzorca ter slepega vzorca s spektrofotometrom pri valovni dolžini 405 nm v stekleni kiveti. Spektrofotometer mora biti umerjen na zrak. Odštejemo absorbanco (A_{sl}) slepega vzorca od absorbance vzorca (A_v), da dobimo razliko v absorbanci (ΔA). Literatura navaja (Boehringer - Mannheim, 1987), da mora biti izmerjena razlika v absorbanci (ΔA) vsaj 0.100 absorbančnih enot, da dosežemo zadovoljivo pravilnost. Merimo pri sobni temperaturi (20 do 25º C).

Izračun:

$$c = \frac{V * MW}{\varepsilon * d * v * 1000} * \Delta A \quad (g/l) \qquad \ldots(4)$$

c	koncentracija (g holesterola/ml filtrata)
V	končni volumen raztopine (ml)
v	volumen filtrata (ml)
MW	molska masa holesterola (g/mol)
d	dolžina optične poti svetlobe (cm)
ε	molarni absorpcijski koeficient lutidinskega barvila pri 405 nm (7.4 (l/mmol^{-1}cm^{-1}))
ΔA	razlika absorbance vzorca in slepega vzorca

Izračun koncentracije holesterola v filtratu (razredčitveni faktor 2,52/2,5 = 1,008):

$$c = \frac{5{,}4 * 386{,}64 * 1{,}008}{7{,}4 * 1 * 0{,}4 * 1000} * \Delta A = 0{,}711 * \Delta A \left[{}^{g}\!/_{ml\ filtrata} \right] \quad \ldots(5)$$

Vsebnost sterolov v rumenjaku (v mg/g), preračunanih kot holesterol:

$$mg\ holesterola\,/\,g\ rumenjaka = \frac{vsebnost\ sterolov\ v\ raztopini\ vzorca\ (g/l)\ *\ 49{,}6}{masa\ vzorca\ (g)} \quad \ldots(5)$$

Vse vzorce smo analizirali v dveh ponovitvah (paralelkah). Pri vzorcih je bila relativna napaka analize manjša od 5 %.

3.2.5 Pravilnost in natančnost metode

Za preverjanje pravilnosti in natančnosti spekrofotometrične metode smo uporabili standardni referenčni material (SRM) 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder. Le-ta se uporablja za preverjanje analitskih metod namenjenih določanju holesterola v jajčni vsebini, bioloških materialih, metod za določanje holesterola v medicinske namene in metod za določanje prehranskih potreb po holesterolu. Certificirana vrednost holesterola v SRM 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder je 19,0 ± 0,2 mg/g. Minimalna zatehta, ki še zagotavlja homogenost, je 60 mg (National Institute of Standards and Technology, 1989). Pri našem delu smo zatehtali 0,25 g SRM Cholesterol in Whole Egg Powder, naredili analizo v petih ponovitvah in dobili srednjo vrednost za vsebnost holesterola 17,23 ± 0,31 mg holesterola/g SRM Cholesterol in Whole Egg Powder (preglednica 5). Za to odstopanje od standardne vrednosti (19,0 ± 0,2 mg/g) je najverjetneje kriva starost standardnega referenčnega materiala SRM, saj mu je pretekel rok uporabe.

Preglednica 5: Vsebnost holesterola (mg/g vzorca) v standardnem referenčnem materialu (SRM) 1845 Cholesterol in Whole Egg Powder

Vzorec	A* za slepi vzorec	A* za vzorec	Razlika v A*	mg holesterola/g vzorca
1845 A	0,0610	0,1862	0,1252	17,66
1845 B	0,0663	0,1871	0,1208	17,04
1845 C	0,0649	0,1857	0,1208	17,04
1845 D	0,0589	0,1825	0,1236	17,44
1845 E	0,0632	0,1834	0,1202	16,96
Srednja vrednost				17,23
Standardni odklon				0,31
Koeficient variabilnosti				1,78 %

* absorbanca

3.2.6 Statistična obdelava podatkov

Dobljene podatke o vsebnosti holesterola smo vnesli v računalnik in sicer v program Excel v okolju Windows ter pripravili preglednice za statistično obdelavo. Podatke smo obdelali s statističnim paketom SAS Inst. Inc. (2001). Za zagotovitev čim večjega števila opazovanj smo namesto povprečij dveh ponovitev vključili posamezne ponovitve. Osnovne statistične parametre smo izračunali s proceduro MEANS. Podatke smo analizirali z metodo največje zanesljivosti (REML) s katero smo upoštevali ponovljivost meritev. Za pojasnitev vsebnosti holesterola v jajcih smo uporabili model 1, v katerega smo vključili sistematski vpliv genotip.

$$y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij} \qquad \text{(model 1)}$$

y_{ij} vsebnost holesterola (mg/g rumenjaka)
μ srednja vrednost
G_i genotip kokoši (linije D(+), D(-) in WM)
e_{ij} ostanek

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 NESNOST

Kokoši linije D(+), ki so bile 31 generacij selekcionirane na večjo telesno maso, so v zadnji generaciji prej spolno dozorele kot kokoši linije D(-). Kokoši linije D(+) so znesle prvo jajce v starosti 33. tednov (priloga B), medtem ko so kokoši linije D(-) pričele z nesnostjo v 36. tednu starosti (priloga C). Dvosmerno selekcionirane kokoši linij D(+) in D(-) so kasneje spolno dozorele kot kokoši linije WM. Te so prvo jajce znesle v starosti 25. tednov (priloga D). To je pričakovana starost ob spolni dozorelosti težkih linij kokoši. Maloney in sod. (1963b) so selekcionirali deset generacij na večjo in manjšo telesno maso pri starosti dvanajst tednov in prav tako ugotovili, da lažja linija jarčk kasneje spolno dozori. Tudi Goodman in Shealey (1977) sta po dvaindvajsetih generacijah dvosmerne selekcije kokoši na telesno maso prišla do enake ugotovitve. Ravno obratno pa je zaključila svojo raziskavo Holcman (1986). V dvosmernem selekcijskem poskusu je odbirala sedem generacij piščance dveh očetovskih linij selekcije prelux-bro na večjo (linija D+) oziroma manjšo (linija D-) telesno maso pri 56. dnevu starosti. Jarčke, ki so bile odbrane na večjo telesno maso, so večinoma kasneje spolno dozorele kot jarčke, ki so bile selekcionirane na manjšo telesno maso pri osmih tednih starosti. Spolna zrelost kokoši se je v obeh linijah v vseh generacijah selekcije precej spreminjala. Raziskavo so zaključili z ugotovitvijo, da na spolno zrelost kokoši v veliki meri vpliva okolje.

V 31. generaciji dvosmerno selekcioniranih kokoši linij D(+) in D(-) je bila nesnost večja pri lažji liniji D(-). V prvih 18 tednih nesnosti je kokoš linije D(-) povprečno znesla 28 jajc (priloga C), kokoš linije D(+) pa povprečno 17 jajc (priloga B). O nesnosti kokoši v dvosmernih selekcijskih poskusih obstajajo različni rezultati. Siegel (1963), Festing in Nordskog (1967, cit. po Renden in sod., 1984) ter Holcman (1985) so prišli do enake ugotovitve, da je večja nesnost kokoši pri linijah, ki so selekcionirane na manjšo telesno maso. Tudi Nestor in Bacon (1982) sta ugotovila boljšo nesnost pri japonskih prepelicah, ki so bile selekcionirane na manjšo telesno maso.

Nesnost slovenske sintetične linije WM je bila boljša v primerjavi z dvosmerno selekcioniranima linijama D(+) in D(-). Kokoši linije WM so znesle 52,8 (priloga D) jajc na kokoš v prvih 18 tednih nesnosti. Za primerjavo lahko vzamemo tudi povprečni odstotek nesnosti na dejansko število kokoši v prvih 18 tednih nesnost, ki znaša za linijo WM 41,9 % (priloga D), za linijo D(+) 13,6 % (priloga B) in za linijo D(-) 22,2 % (priloga C).

Jajca kokoši linije D(+), ki smo jih uporabili za analizo v te nalogi, smo pobrali v 17. tednu nesnosti, ko so bile kokoši stare 49. tednov. Kokoši linije D(-) so bile prav tako stare 49. tednov. Jajca teh kokoši pa smo pobrali v 14. tednu nesnosti, saj so kasneje spolno dozorele. Kokoši linije WM so bile stare 50. tednov. V 26. tednu nesnosti smo pobrali jajca kokoši linije WM.

4.2 MASA JAJCA, BELJAKA, RUMENJAKA IN JAJČNE VSEBINE

Masa jajca je genetsko pogojena lastnost; različne pasme kokoši ali različne križanke nesejo jajca različnih velikosti (Holcman in sod., 2004). V preglednici 6 so podane mase jajc in mase sestavnih delov jajc, ki so bila zbrana in vključena v poskus. Najtežja so bila jajca D(+) kokoši (77,24 g). V tej liniji je bilo tudi jajce z največjo maso (85,50 g). Približno enako težka so bila jajca WM kokoši (76,92 g). Jajca linije D(-) so bila precej lažja (48,42 g). Največji standardni odklon pri masi jajca je bil pri liniji D(+), kjer je bila razlika med najtežjim in najlažjim jajcem 15,75 g. Jajca kokoši linije WM in D(+) so imela v povprečju približno enako maso beljaka in rumenjaka, povprečne mase pri liniji D(-) pa so manjše. Najtežji rumenjak pri liniji D(-) (16,77 g) ne dosega najmanjše mase rumenjaka pri linijah WM (20,03 g) in D(+) (19,13 g).

Na maso jajca poleg genetskega dejavnika vplivajo še: starost kokoši, prehrana in temperatura oziroma okolje. Kokoši linij D(+), D(-) in WM so bile približno enako stare. Krmljene so bile s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK). Kokoši so bile izpostavljene enakim vplivom okolja.

Preglednica 6: Osnovni statistični parametri za maso jajca in posamezne sestavne dele pri treh linijah kokoši

	Linija	Število vzorcev	Srednja vrednost	Minimum	Maksimum	Standardni odklon
Masa jajca (g)	WM	10	76,92	73,14	82,78	2,66
Masa beljaka (g)		10	47,00	42,90	51,96	2,42
Masa rumenjaka (g)		10	21,51	20,03	23,06	0,81
Masa jajčne vsebine (g)		10	68,51	64,59	73,64	2,65
Masa jajca (g)	D(+)	10	77,24	69,75	85,50	4,91
Masa beljaka (g)		10	47,41	40,72	52,95	3,78
Masa rumenjaka (g)		10	21,32	19,13	24,30	1,82
Masa jajčne vsebine (g)		10	68,73	62,04	77,25	4,58
Masa jajca (g)	D(-)	10	48,42	46,45	50,10	1,37
Masa beljaka (g)		10	27,21	25,62	28,55	0,91
Masa rumenjaka (g)		10	15,47	14,17	16,77	0,78
Masa jajčne vsebine (g)		10	42,68	40,68	44,22	1,16

Dvosmerna selekcija na telesno maso piščancev pri 56. dnevu starosti je povzročila spremembe v masi jajca oziroma masi posameznih delov jajca. Povprečni masi jajc nesnih tipov kokoši prelux-G in isabrawn, ki so bila vključena v te poskuse, sta 57,4 ± 3,8 g (Arh, 1995) ter 62,24 ± 5,10 g (Simčič, 2003), kar pa je približno na sredini med povprečnimi masami jajc linij WM, D(+) in D(-). Telesna masa kokoši in masa jajca sta zmerno korelirani (Jaffe, 1968, cit. po Renden in sod., 1984). Selekcija na večjo telesno maso se pokaže tudi na hkratnem povečanju mase jajca (Renden in sod., 1984). To pa je razvidno tudi iz naših rezultatov, saj je razlika v povprečni masi jajc med navzgor selekcionirano linijo D(+) in navzdol selekcionirano linijo D(-) 28, 82 g.

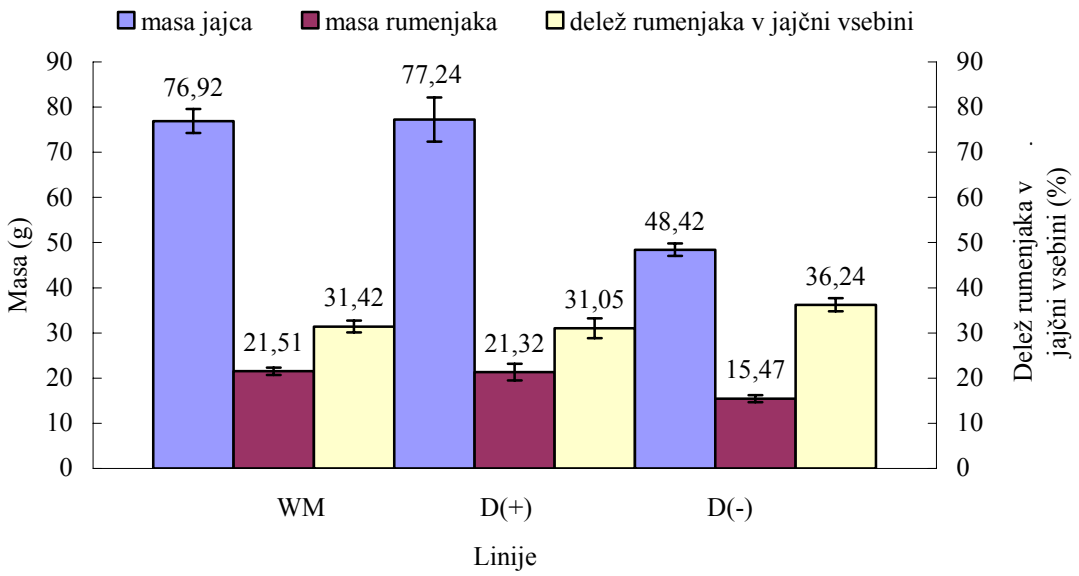
Podatki o povprečnih deležih posameznih sestavnih delov jajca so zbrani v preglednici 7. Delež beljaka je večji pri linijah WM (61,08 ± 1,25 %) in D(+) (61,35 ± 2,01 %), ki so imela težja jajca kot kokoš linije D(-). Medtem ko je delež rumenjaka večji pri liniji D(-), kjer je največji tudi delež rumenjaka v jajčni vsebini (36,24 ± 1,46 %). Povprečni delež jajčne vsebine, ki je vsota deleža beljaka in deleža rumenjaka v jajcu, se med linijami bistveno ne razlikuje.

Več avtorjev je ugotovilo, da se s povečanjem velikosti oziroma mase jajca poveča odstotek beljaka, medtem ko se odstotek rumenjaka zmanjša (Atwood in Weakly, 1917, cit. po Renden in sod., 1984; Olssen, 1936, cit. po Renden in sod., 1984; Goodman in Shealey, 1977). Do enakih ugotovitev je prišla tudi Simčič (2003), saj je bil delež beljaka v jajcu večji pri isabrawn kokoši, kjer so bila težja jajca. Delež rumenjaka pa je bil večji pri štajerskih kokoših, ki so nesla jajca z manjšo maso. Selekcija na večjo telesno maso pri purah se je prav tako odrazila v povečani masi jajca in sicer na račun beljaka v jajcu (Strong in Nestor, 1980, cit. po Renden in sod., 1984).

Preglednica 7: Povprečni deleži sestavnih delov jajca (%) pri linijah WM, D(+) in D(-) (število vzorcev v posamezni liniji n=10)

	Linija		
	WM	D(+)	D(-)
Delež beljaka v jajcu (%)	61,08 ± 1,25	61,35 ± 2,01	56,19 ± 1,09
Delež rumenjaka v jajcu (%)	27,98 ± 1,18	27,63 ± 1,97	31,94 ± 1,44
Delež jajčne vsebine v jajcu (%)	89,06 ± 0,76	88,97 ± 0,70	88,13 ± 0,65
Delež rumenjaka v jajčni vsebini (%)	31,42 ± 1,29	31,05 ± 2,19	36,24 ± 1,46

Slika 4 prikazuje podatke o povprečnih masah jajc in rumenjakov ter deležih rumenjakov v jajčni vsebini v posameznih linijah kokoši. Kot smo že omenili so podatki o povprečni masi jajca in rumenjaka v linijah WM in D(+) podobni in večji kot pri liniji D(-). Delež rumenjaka v jajčni vsebini pa je večji pri liniji D(-) v primerjavi z linijama WM in D(+).



Slika 4: Povprečna masa jajca in rumenjaka ter povprečni delež rumenjaka v jajčni vsebini pri linijah WM, D(+) in D(-)

4.3 VSEBNOST SUHE SNOVI

Iz vsebnosti sušine v liofilizirani snovi rumenjakov smo izračunali vsebnost suhe snovi v svežih rumenjakih.

Osnovni statistični parametri za vsebnost suhe snovi v svežih rumenjakih za vse tri linije so podani v preglednici 8. Srednja vrednost za vsebnost suhe snovi v rumenjaku je pri vseh treh linija podobna. Največ sušine je imelo jajce linije WM (529,40 g SS/kg rumenjaka), najmanj pa jajce linije D(+) (505,94 g SS/kg rumenjaka). Jajca linije WM so imela največji standardni odklon in sicer 7,62 g SS/kg svežega rumenjaka.

Preglednica 8: Vsebnost suhe snovi v rumenjakih in osnovni statistični parametri (g SS/kg svežega rumenjaka) pri treh linijah kokoši

Številka jajca	Linija		
	WM	D(+)	D(-)
1	508,26	511,46	515,07
2	529,40	518,24	514,13
3	514,54	524,09	516,23
4	522,83	518,79	512,36
5	522,12	507,40	521,80
6	527,46	519,58	523,07
7	513,64	512,74	517,30
8	511,35	505,94	514,08
9	509,53	519,95	513,48
10	512,72	517,85	515,74
Srednja vrednost	517,19	515,60	516,33
Minimum	508,26	505,94	512,36
Maksimum	529,40	524,09	523,07
Stan. odklon	7,62	5,92	3,53

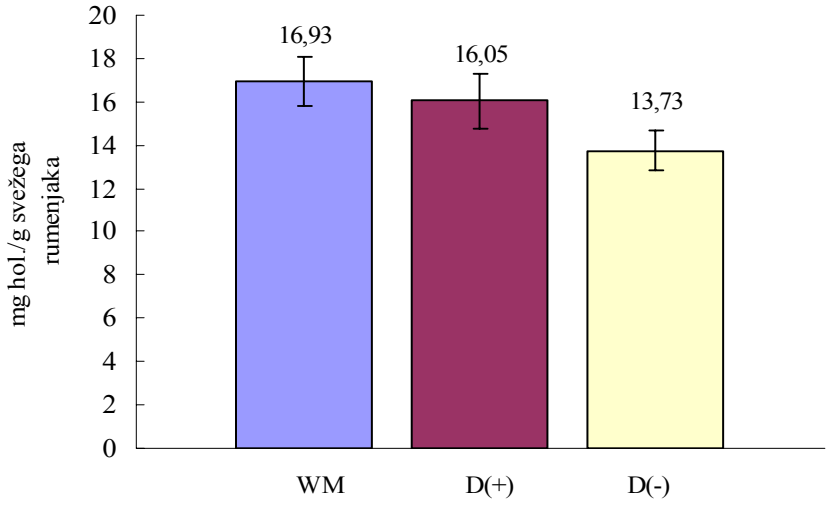
4.4 VSEBNOST HOLESTEROLA

Vsebnost holesterola smo določili v liofiliziranih vzorcih rumenjakov. Vrednosti smo izrazili v mg holesterola/g svežega rumenjaka. Vse ostale vrednosti (mg holesterola/g suhe snovi rumenjaka, mg holesterola v rumenjaku, mg holesterola/g jajčne vsebine, mg holesterola v jajčni vsebini, mg holesterola/100 g rumenjaka, mg holesterola/100 g jajčne vsebine, mg holesterola/jajce in mg holesterola/g jajca) so izračunane in izpeljane s pomočjo vsebnosti suhe snovi v rumenjakih, mase svežih rumenjakov, mase jajca in jajčne vsebine (preglednica 9).

Preglednica 9: Vsebnosti holesterola v jajcih pri linijah WM, D(+) in D(-) izražene na različne načine (število meritev v posamezni liniji n=20)

Vsebnost holesterola	Linija WM	D(+)	D(-)
mg holesterola/g SS rumen.	32,73 ± 2,14	31,13 ± 2,48	26,60 ± 1,71
mg holesterola v rumenjaku	363,51 ± 15,56	341,47 ± 32,72	212,37 ± 17,85
mg holesterola/g jajčne vsebine	5,31 ± 0,34	4,98 ± 0,48	4,97 ± 0,35
mg holesterola v jajčni vsebini	363,51 ± 15,56	341,47 ± 32,72	212,37 ±17,85
mg holesterola/100 g sv. rumen.	1692,87 ± 110,94	1605,00 ± 127,17	1373,39 ± 91,09
mg holest./100 g jajčne vsebine	531,46 ± 34,29	497,83 ± 47,85	497,44 ± 35,07
mg holesterola/jajce	363,51 ± 15,56	341,47 ± 32,72	212,37 ± 17,85
mg holesterola/g jajca	4,73 ± 0,29	4,43 ± 0,43	4,38 ± 0,32

Srednja vrednost za vsebnost holesterola v rumenjaku je bila največja pri kokoših linije WM (16,93 ± 1,14 mg/g svežega rumenjaka). Zelo podobno povprečje za vsebnost holesterola v rumenjaku imajo jajca linije D(+) (16,05 ± 1,27 mg/g svežega rumenjaka), linija D(-) pa ima najmanjšo povprečno vsebnost holesterola in sicer 13,73 ± 0,94 mg/g svežega rumenjaka (slika 5, preglednica 11).



Slika 5: Povprečna vsebnost holesterola v svežem rumenjaku pri linijah WM, D(+) in D(-)

V skladu z našimi pričakovanji so jajca težkega tipa kokoši (liniji D+ in WM) vsebovala več holesterola kot jajca lahkega tipa kokoši (linija D-). V svojih raziskavah so do enakih

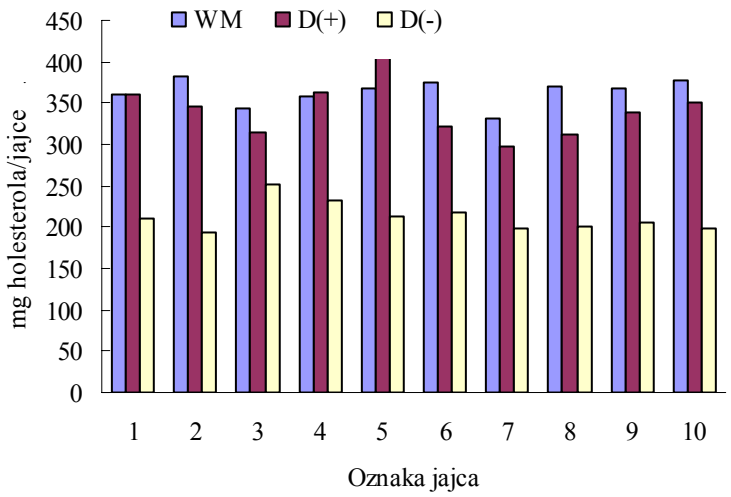
ugotovitev prišli tudi Turk in Barnett (1971), Collins in sod. (1968) ter leta 1977 tudi Marks in Washburn. Turk in Barnett (1971) poročata, da so imela jajca težke pasme (369 mg holesterola/jajce) značilno večjo vsebnost holesterola kot jajca nesnic (251 mg holesterola/jajce). Collins in sod. (1968) so ugotovili, da jajca težkega tipa kokoši v povprečju vsebujejo 28,8 mg holesterola/g suhega rumenjaka, jajca lahkega tipa kokoši pa 24,7 mg holesterola/g suhega rumenjaka. Marks in Washburn (1977) sta tri leta dvosmerno selekcionirala leghorn kokoši in štiri leta težki tip kokoši na vsebnost holesterola v jajcih. Svojo raziskavo sta zaključila z ugotovitvijo, da so v povprečju jajca v kontrolni skupini težkega tipa kokoši (18,18 mg holesterola/g rumenjaka) vsebovala več holesterola kot jajca lahkega tipa kokoši (leghorn) v kontrolni skupini (17,22 mg holesterola/g rumenjaka).

Najmanjšo vsebnost holesterola v rumenjaku (12,06 mg/g svežega rumenjaka) je imelo jajce kokoši linije D(-), ki je bilo na drugem mestu po masi jajca (50,04 g) od 10 jajc znotraj te linije (preglednica 10). To jajce je imelo tudi najmanjšo vrednost holesterola v jajcu (193,88 mg/jajce) (priloga A, slika 6). Največja vsebnost holesterola v rumenjaku (18,46 mg/g svežega rumenjaka) pa je bila v jajcu kokoši linije WM. To jajce je bilo težko 75,93 g in je bilo na osmem mestu od 10 jajc znotraj te linije. Največji standardni odklon v vsebnosti holesterola so imela jajca linije D(+) (preglednica 10). Jajce z največjo vsebnostjo holesterola pripada kokoši linije D(+) (410,24 mg/jajce) (priloga A, slika 6). Iz slike 6 je lepo razvidna razlika v vsebnosti holesterola v jajcih med linijami WM in D(+), ki ju prištevamo k težkemu tipu ter linijo D(-), ki jo lahko po 31. generacijah selekcije na manjšo telesno maso uvrstimo v lahki tip kokoši.

Preglednica 10: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g svežega rumenjaka) v jajcih kokoši linij WM, D(+) in D(-) (število meritev v posamezni liniji n=20)

Linija	Srednja vrednost	Minimum	Maksimum	Standardni odklon
WM	16,93	14,79	18,46	1,14
D(+)	16,05	14,28	17,99	1,27
D(-)	13,73	12,06	15,23	0,94

Kokoši linije D(-), ki so boljše nesnice v primerjavi s kokošmi linije D(+) in WM, so nesle lažja jajca z manjšo vsebnostjo holesterola.



Slika 6: Vsebnost holesterola v jajcu pri linijah WM, D(+) in D(-) za vsako posamezno jajce

V preglednici 11 so zbrani podatki o vsebnosti holesterola v jajcih različnih pasem kokoši in križank. Največ holesterola v rumenjaku so določili pri kokoših pasme rodajland (18,12 ± 0,22 mg holesterola/g rumenjaka), ki so bile stare 54. tednov (Stępińska in sod., 1993), najmanj pa pri kokoših pasme beli leghorn (11,5 mg holesterola/g rumenjaka) (Maurice in sod., 1994). Za vsebnost holesterola v jajcih pasme beli leghorn smo v literaturi našli različne podatke, ki se gibljejo do 11,5 do 17,29 mg/g. Tudi za križanje smo v literaturi našli različne podatke za vsebnosti holesterola v jajcih, ki se gibljejo od 11,68 do 17,54 mg/g.

Preglednica 11: Vsebnost holesterola v jajcih različnih pasem kokoši in križank

Pasma	Vsebnost holesterola mg holesterola/g rumenjaka	Vir
beli leghorn	14,51	Bitman in Wood (1980)
beli leghorn	11,5 – 11,8	Maurice in sod. (1994)
beli leghorn	13,0 ± 1,0	Chung in sod. (1991)
beli leghorn (35. teden)	15,33 ± 0,20	Stępińska in sod. (1993)
beli leghorn (54. teden)	17,29 ± 0,24	Stępińska in sod. (1993)
srebrna plimutka	16,86	Bitman in Wood (1980)
grahasta plimutka	13,3	Maurice in sod. (1994)
njuhempšir	15,2	Maurice in sod. (1994)
rodajland	13,0	Maurice in sod. (1994)
rodajland (35. teden)	16,36 ± 0,22	Stępińska in sod. (1993)
rodajland (54. teden)	18,12 ± 0,22	Stępińska in sod. (1993)
polish green-food (35. teden)	13,94 ± 0,22	Stępińska in sod. (1993)
polish green-food (54. teden)	16,87 ± 0,24	Stępińska in sod. (1993)
denizli	13,4	Onobaşilar in sod. (2001)
štajerska kokoš	13,46 ± 1,36	Simčič (2003)
Križanke		
prelux-G	13,40-17,54	Arh (1995)
hyline	12,6	Cores in sod. (1995)
hyline	13,32	Meluzzi in sod. (1993)
hyline	12,85	Onobaşilar in sod. (2001)
warren	13,0	Cores in sod. (1995)
warren	13,59	Meluzzi in sod. (1993)
babcock 300	13,32 ± 0,064	Basmacioğlu in Ergül (2005)
isabrawn	13,32 ± 0,064	Basmacioğlu in Ergül (2005)
isabrawn	11,68 ± 0,63	Simčič (2003)
beli leghorn x australorp	12,99 – 13,60	Sheridan in sod. (1982)

4.5 VIRI VARIABILNOSTI V VSEBNOSTI HOLESTEROLA

V model smo vključili sistematski vpliv genotip. Vpliv genotipa na vsebnost holesterola v jajcih je statistično zelo značilen.

Oceno razlik med srednjimi vrednosti za vsebnosti holesterola v jajcih med linijami prikazuje preglednica 12. Liniji WM in D(+) se statistično zelo značilno ($p \leq 0,001$) razlikujeta od linije D(-). Razlika med linijama WM in D(+) ni statistično značilna ($p=0,0635$).

Preglednica 12: Ocene srednjih vrednosti in razlik ter statistična značilnost razlik med linijami v vsebnosti holesterola v jajcih

Linija	LSM ± SEE	Statistična značilnost razlik med linijami v vsebnosti holesterola			
			WM	D(+)	D(-)
WM	16,93 ± 0,25	WM	●	0,0635	0,0001
D(+)	16,05 ± 0,25	D(+)		●	0,0001
D(-)	13,73 ± 0,25	D(-)			●

LSM ocenjena srednja vrednost

SEE standardna napaka ocene

5 SKLEPI

Na osnovi dobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje:

- Nesnost v 31. generaciji dvosmerne selekcije je bila boljša pri kokoših iz navzdol selekcionirane linije D(-) (28,02 jajc na kokoš v prvih 18 tednih nesnosti) kot pri kokoših iz navzgor selekcionirane linije D(+) (17,10 jajc na kokoš v prvih 18 tednih nesnoti). Slovenska sintetična linija WM je med temi tremi linijami znesla največ jajc v prvih 18 tednih nesnosti in sicer 52,82 jajc na kokoš.
- Povprečna masa jajc, v katerih smo določili vsebnost holesterola, je bila pri liniji WM 76,92 ± 2,66 g, v liniji D(+) 77,24 ± 4,91 g in liniji D(-) 48,42 ± 1,37 g.
- Delež rumenjaka v jajčni vsebini je bil največji pri kokoših linije D(-) in je bil 36,24 %, pri kokoših linije D (+) 31,05 % in pri kokoših linije WM 31,42 %.
- V jajcih kokoši linije D(+) in slovenske sintetične linije WM, ki ju prištevamo k težkemu proizvodnemu tipu, smo določili večjo vsebnost holesterola kot v jajcih kokoši linije D(-), ki spada k lahkemu proizvodnemu tipu.
- V jajcih kokoši linije D (+) in WM smo določili 16,05 ± 1,27 in 16,93 ± 1,14 mg holesterola/g svežega rumenjaka, v jajcih kokoši linije D(-) pa 13,73 ± 0,94 mg holesterola/g svežega rumenjaka.
- Genotip je statistično značilno vplival na vsebnost holesterola v jajčnem rumenjaku.
- Razlika v vsebnosti holesterola v jajcih med težkim in lahkim tipom kokoši je bila statistično zelo značilna ($p \leq 0,0001$). Razlika med linijama D(+) in WM, ki ju prištevamo k težkemu tipu kokoši, pa ni bila statistično značilna ($p=0,0635$).
- Dvosmerna selekcija na telesno maso piščancev pri 56. dnevu starosti je v 31. generacijah selekcije povzročila značilno razliko v vsebnosti holesterola v jajcih kokoši selekcioniranih na večjo in manjšo telesno maso.

6 POVZETEK

Jajce je živilo z odlično prehransko vrednostjo: vsebuje biološko visokovredne beljakovine z vsemi esencialnimi aminokislinami, vitamine in minerale. V jajcu pa je skoncentrirana tudi precejšna količina holesterola. Ljudi v razvitem svetu ne bremeni več količinsko pomanjkanje hrane, temveč prej neustrezna kakovost oziroma neuravnoteženost hranil, kar se odraža v pojavu civilizacijskih bolezni. Nekateri strokovnjaki povezujejo uživanje jajc z večjim tveganjem za razvoj bolezni srca in ožilja (Weggemans in sod., 2001; Schaefer, 2002). Kot povzemata Surai in Sparks (2001) raziskave različnih avtorjev pa jih vse več nasprotuje trdno zakoreninjenemu prepričanju o njihovi škodljivosti in jih v uravnoteženi prehrani celo priporočajo.

Na vsebnost holesterola v jajcu vplivajo različni dejavniki. Namen diplomske naloge je bil preučiti vpliv genotipa na vsebnost holesterola v jajcih. Želeli smo preučiti razliko v vsebnosti holesterola med linijami D(+), D(-) in WM.

V ta namen smo vključili jajca iz dvosmerno selekcioniranih linij na telesno maso pri 56. dnevu starosti. To sta liniji D(+) in D(-), ki sta 31 generacij selekcionirani na večjo oziroma manjšo telesno maso. Rezultat dvosmerne selekcije sta dve po telesni masi zelo različni liniji in bi lahko kokoši D(+) linije prištevali k težkemu tipu, kokoši D(-) linije pa k lahkemu tipu kokoši. Za primerjavo smo v poskus vključili tudi kokoši slovenske sintetične linije WM, ki jo vključujejo kot moško linijo pri pridobivanju pitovnih piščancev prelux-bro. Kokoši vseh treh linij so bile približno enake starosti. Jajca kokoši linije WM smo pobrali v 26. tednu nesnost, jajca kokoši linije D(+) v 17. tednu nesnosti in jajca kokoši linije D(-) v 14. tednu nesnoti. Kokoši vseh treh linij so bile krmljene s popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NSK).

Za določitev holesterola smo vzeli vzorec desetih najtežjih jajc od skupno 30 jajc za vsako posamezno linijo. Rumenjake in beljake smo ločili. Vsak rumenjak je predstavljal svoj vzorec. Rumenjake smo liofilizirali. S pomočjo sušenja do konstante mase smo določili suho snov v rumenjaku. Iz liofiliziranih in zmletih vzorcev smo pripravili filtrate. V filtratih smo določili vsebnost holesterola z encimsko-spektrofotometrično metodo

(Boehringer - Mannhein, 1987). Vzorce smo analizirali v dveh ponovitvah. Relativna napaka določitve je bila pri vseh vzorcih manjša od 5 %.

Izračunali smo tudi nesnost v jatah kokoši iz katerih smo vzeli vzorce jajc za analizo. Kokoši iz navzdol selekcionirane linije D(-) so spolno prej dozorele kot kokoši linije D(+). Tudi število znesenih jajc je bilo večje pri kokoših linije D(-) kot v liniji D(+), saj je kokoš linije D(-) povprečno znesla v prvih 18 tednih 28,02 jajc, kokoš linije D(+) pa 17,10 jajc. Kokoši slovenske sintetične linije WM so prej spolno dozorele in so znesle več jajc (52,82 jajc na kokoš v prvih 18 tednih nesnosti) kot kokoši iz linij D(+) in D(-).

Jajca kokoši linije D(+) in slovenske sintetične linije WM, ki smo jih vključili v poskus, so bila težja od jajc kokoš linije D(-), saj so bila jajca kokoši linije D(+) težka 77,24 ± 4,91 g, jajca kokoši linije WM 76,92 ± 2,66 g in jajca kokoši linije D(-) 48,42 ± 1,37 g.

Delež rumenjaka v jajčni vsebini je bil večji v jajcih linije D(-) v primerjavi z linijama kokoši D(+) in WM.

V jajcih kokoši linije D(+) smo določili 16,05 ± 05 mg holesterola/g svežega rumenjaka in v jajcih kokoši linije WM 16,93 ± 1,14 mg holesterola/g svežega rumenjaka. Jajca kokoši linije D(-) so vsebovala 13,73 ± 0,94 mg holesterola/g svežega rumenjaka. Liniji WM in D(+) se statistično zelo značilno ($p \leq 0{,}001$) razlikujeta v vsebnosti holesterola v jajcih od linije D(-). Razlika v vsebnosti holesterola v jajcih med kokošmi linij WM in D(+) ni statistično značilna ($p=0{,}0635$).

Po 31. generacijah dvosmerne selekcije na telesno maso piščancev pri 56. dnevu starosti smo ugotovili, da je selekcija povzročila značilno razliko v vsebnosti holesterola v jajcih kokoši, ki so bile selekcionirane na večjo in manjšo telesno maso.

7 VIRI

Ansah G.A., Chan C.W., Touchburn S.P., Buckland R.B. 1985. Selection for low yolk cholesterol in leghorn-type chickens. Poultry Science, 64, 1: 1-5

Arh T. 1995. Vpliv beta agonista na vsebnost holesterol v jajcih. Diplomska naloga. Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 35-50

Arnold D.R., Kwiterovich P.O. 2003. Cholesterol. Absorption, function, and metabolism. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. 2nd ed. Vol 2. Caballero B., Trugo L.C. Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 1226-1237

Bailey A. 1992. Vse o hrani. Murska Sobota, Pomurska založba: 240 str.

Bair C.W., Marion W.W. 1978. Yolk cholesterol in the eggs from various avian species. Poultry Science, 57, 5: 1260-1265

Basmacioğlu H., Ergül M. 2001. Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of eggs in laying hens. 2) The effect of dietary structure on cholesterol content and some other characteristics of eggs. V: Proceedings of IX European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Kusudasi - Turkey, 9-12 sept. 2001. Mulder R.W.A.W., Bilgili S.F. (eds.). Izmir – Turkey, WPSA Turkish Branch Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science: 267-273

Basmacioğlu H., Ünal K., Özkan K., Çabuk M., Akkan S., Yalçin H. 2001. The effect of using fish oil and flaxseed in laying hens diets on cholesterol content and fatty acid composition, of egg yolk. V: Proceedings of IX European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Kusudasi - Turkey, 9-12 sept. 2001. Mulder R.W.A.W., Bilgili S.F. (eds.). Izmir – Turkey, WPSA Turkish Branch Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science: 197-203

Basmacioğlu 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 & Animal Sciences, 29, 1: 157-164 http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-05-29-1/vet-29-1-26-0307-7.pdf (23. feb. 2006)

Baumgartner J., Simeonovova J., Koncekova Z. 1994. Repeatability of yolk cholesterol content and other egg quality traits in the Japanese Quail. V: Proceedings 9th European Poultry Conference. Volume 1, Glasgow (UK), 7-12 avg. 1994. Andover (UK), United Kingdom Branch of the World's Poultry Science Association: 331-332

Beyer R.S., Jensen L.S. 1993. Tissue and egg cholesterol concentrations of laying hens fed high-protein barley flour, α-tocotrienol, and cholesterol. Poultry Science, 72, 7: 1339-1348

Bitman J., Wood D.L. 1980. Cholesterol and cholesteryl esters of eggs from various avian species. Poultry Science, 59, 9: 2014-2023

Boehringer - Mannheim. 1987. Colorimetric method for the determination of cholesterol in foodstuffs and other materials. Catalogue No. 139 050

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

Chambers J.R. 1990. Genetics of growth and meat production in chickens. V: Poultry Breeding and Genetics. Crawford R.D. (ed.). Amsterdam, Elsevier: 599-643

Choi S.H., Song K.T., Oh H.R. 2001. Cholesterol contents and fatty acid composition of chukar, pheasant, guinea fowl and quail egg yolk. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14, 6: 831-836

Chung S.L., Ferrier L.K., Squires E.J. 1991. Survey of cholesterol level of commercial eggs produced on Canadian farms. Canadian Journal of Animal Science, 71, 1: 205-209

Cobos A., de la Hoz L., Cambero M.I., Ordóñez J.A. 1995. Dietary modification and hen strain dependence of egg yolk lipids. Food Research International, 28, 1: 71-76 http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6T6V-3YGV37H-2P-4&_cdi=5040&_user=634387&_orig=browse&_coverDate=12%2F31%2F1995&_sk=999719998&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkzk&md5=ce67cfbf636d71549bcdf7a3fc91b69b&ie=/sdarticle.pdf (22. jun. 2005)

Collins W.M., Kahn A.C., Teeri A.E., Zervas N.P., Costantino R.F. 1968. The effect of sex-linked barring and rate of feathering genes, and of stock, upon egg yolk cholesterol. Poultry Science, 47: 1518-1525

Cores E.M., Vergara G., de Lorenzo C. 1995. Cholesterol levels in commercial eggs in Madrid (Spain), determined by an HPLC procedure. V: VI. European Symposium on the Quality of Egg an Egg Products, Zaragoza (Spain), 25-29 sep. 1995. Briz R.C. (ed.). Zaragoza, World Poultry Science Association, European Federation: Spanish Branch: 395-403

Doganoc D.Z., Komar M. 2001. Analize kakovosti jajc in jajčnih izdelkov. Ljubljana, Veterinarska fakulteta: 49 str.

Elkin R.G., Freed M., Watkins B.A., Srebnik M., Kieft K.A., Newton R.S. 1993. Evaluation of two novel biochemicals on plasma and egg yolk lipid compositon and laying hen performance. Poultry Science, 72, 3: 513-520

Goodman B. L., Shealey S. 1977. The influence od divergent growth selection on egg traits. Poultry Science, 56, 1: 388-390

Griffin H.D. 1992. Manipulation of egg yolk cholesterol: a physiologist's view. World's Poultry Science Journal, 48, 2: 101-112

Griffin H.D. 1993. Control of egg yolk cholesterol. V: Proceedings of 5th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Tours (France), 4-8 oct. 1993. Nys Y. (ed.). Tours, Branche Française de la World's Poultry Association: 378-383

Gurr M.I., Harwood J.L. 1991. Lipid biochemistry, an introduction. 4th ed. London, Chapman & Hall: 199-220, 325-335

Harris P.C., Wilcox F.H. 1963. Studies on egg yolk cholesterol 2. Influence of season. Poultry Science, 42, 1: 182-185

Hermier D. 1994. Hepatic lipid metabolism and regulation of lipoprotein synthesis. V: Proceedings 9th European Poultry Conference. Vol. II, Glasgow (UK), 7-12 avg. 1994. Andover (UK), United Kingdom Branch of the World's Poultry Association: 33-36

Holcman A. 1985. Dvosmerna selekcija na težo očetovskih linij pitovnih pasem kokoši. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živinorejo: 1-26

Holcman A. 1986. Dvosmerna selekcija na težo piščancev. Zbornik Biotehniške fakultete, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Kmetijstvo (Živinoreja), 48: 121-167

Holcman A., Bevc B. 1992. Vpliv dvosmerne selekcije na maso piščancev na nekatere fizikalne lastnosti jajc. Zbornik Biotehniške fakultete, Univerza v Ljubljani, Kmetijstvo (Živinoreja), 60: 7-19

Holcman A. 1998. Nekaj poudarkov o kakovosti jajc. Sodobno kmetijstvo, 31, 8: 245-247

Holcman A., Salobir J., Zorman-Rojs O., Kavčič S. 2004. Reja kokoši v manjših jatah. Ljubljana, Kmečki glas: 226 str.

Holcman A., Vadnjal R., Terčič D. 2006. Register pasem z zootehniško oceno, vrsta: kokoši. Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko http://www.bfro.uni-lj.si/Kat_center/genska_banka/Kokosi.pdf (26. jun. 2006)

Horbañczuk J.O., Sales J., Piotrowski J., Zięba G., Celeda T., Reklewski T., Kozaczyński K. 1999. Lipid, cholesterol content and fatty acid composition of ostrich eggs as influenced by subspecies. Archiv für Geflügelkunde, 63, 5: 234-236 http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WJH-48B5K4K-1&_user=634387&_handle=V-WA-A-W-AZ-MsSAYZW-UUA-U-AAVAYECEYB-AABEVDZDYB-ZVUCZBVVB-AZ-U&_fmt=full&_coverDate=04%2F30%2F2003&_rdoc=5&_orig=browse&_srch=%23toc%236879%232003%23999839997%23418061!&_cdi=6879&view=c&_acct=C000033658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=634387&md5=ae23c0e59cc12689f6d914d6298ee47b (23. feb. 2006)

Jiang Z., Sim J.S. 1991. Research note: Egg cholesterol values in ralation to the age of laying hens and to egg and yolk weights. Poultry Science, 70, 8: 1838-1841

Koch V. 1998. Uživanje jajc v prehranskih navadah odraslih v Sloveniji. V: Strokovni seminar: Jedilna jajca obogatena z n-3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 14-21

Kompan D. 2003. Vpliv dodatka omega-3 maščobnih kislin v obrok na sestavo kozjega mleka in število somatskih celic v njem. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 8-9

Liu G., Dunnington E.A., Siegel P.B. 1995. Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: growth, sexual maturity, and egg production. Poultry Science, 74, 8: 1259-1268

Ločniškar F., Benčina D., Holcman A., Kmecl A. 1991. Reja perutnine - piščancev in kokoši. Knjižica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 188 str.

Maloney M.A.Jr., Gilbreath J.C., Morrison R.D. 1963a. Two-way selection for body weight in chickens 1. The effectiveness of selection for twelve-week body weight. Poultry Science, 42: 326-334

Maloney M.A.Jr., Gilbreath J.C., Morrison R.D. 1963b. Two-way selection for body weight in chickens 2. The effect of selection for body weight on other traits. Poultry Science, 42: 334-344

Marks H.L., Washburn K.W. 1977. Divergent selection for yolk cholesterol in laying hens. British Poultry Science, 18, 2: 179-188

Marks H.L., Washburn K.W. 1991. Plasma and yolk cholesterol levels in Japanese quail divergently selected for plasma cholestrol response to adenocorticotropin. Poultry Science 70, 3: 429-433

Maurice D.V., Lightsey S.F., Hsu K.T., Gaylord T.G., Reddy R.V. 1994. Cholesterol in the eggs from different species of poultry determined by capillary GLC. Food Chemistry, 50: 367-372

Meister K. 2002. The role of eggs in the diet: update. American Council on Science and Health: 5-7
http://www.acsh.org/publications/reports/eggs2002.html (21. jul. 2005)

Meluzzi A., Giordani G., Urrai G.F., Sirri F., Cristofori C. 1993. Cholesterol level and fatty acid composition of commercial eggs produced in Italy. V: Proceedings of 5th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Tours (France), 4-8 oct. 1993. Nys Y. (ed.). Tours, Branche Française de la World's Poultry Association: 427-432

Murata L.S., Ariki J.A., Machado C.R., Bragagnolo N. 1999. Effect of different oil sources on performance and egg yolk cholesterol content in laying hens. V: Proceedings of VII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Product, Vol. II, Bologna (Italy), 19-23 sept. 1999. Cavalchini L.G., Baroli D. (eds.). Bologna, W.P.S.A. Italian Branch: 223-228

Nahtigal B. 2004. Vsebnost maščobnih kislin, holesterola in holesterol oksidov v običajnih in omega-3 jajcih, pripravljenih na različne načine. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddeleka za živilstvo: 24-24

National Institute of Standards and Technology. 1989. Standard Reference Material 1845. Cholesterol in Whole EGG Powder. Gaithersburg

Nestor K.E., Bacon W.L. 1982. Divergent selection for body weight and yolk precursor in Coturnix coturnix japonica. 3. Correlated responses in mortality, reproduction traits and adult body weight. Poultry Science, 61: 2137-2142

Nielsen H. 1998. Hen age and fatty acid composition of egg yolk lipid. British Poultry Science, 39, 1: 53-56

Official methods of analysis (AOAC). 1990. 15th edition. Helrich K. (ed.). Arlington, Association of official analytical chemists: 853-863

Onobaşilar E.E., Atasoy F., Yalçin S. 2001. The egg cholesterol levels of denizli and hyline brown chickens. V: Proceedings of IX European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Kusudasi - Turkey, 9-12 sept. 2001. Mulder R.W.A.W., Bilgili S.F. (eds.). Izmir – Turkey, WPSA Turkish Branch Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science: 85-89

Pavčič M. 2001. S fitosterolom nad holesterol http://med.over.net/zdrava_prehrana/clanki/april2001/fitosteroli.php (26. sept. 2006)

Požar M. 1999. Izdelava postopka za zmanjševanje vsebnosti holesterola v jajčnem rumenjaku in njegova karakterizacijo. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 1-2

Reddy P.R.K., Siegel P.B. 1977. Selection for body weight at eight weeks of age 12. Egg production in selected and relaxed lines. Poultry Science, 56, 2: 673-686

Renden J.A., McDaniel G.R., McGuire J.A. 1984. Egg characteristics and production efficiency of Dwarf (dw) White Leghorn hens divergently selected for body weight. Poultry Science, 63: 214-221

SAS Inst. Inc. 2001. The SAS System for Windows, Release 8.02. Cary, NC, SAS Institute

Schaefer E.J. 2002. Lipoproterins, nutrition and heart disease. The American Journal of Clinical Nutrition, 75, 2: 191-212 http://www.ajcn.org/cgi/content/full/75/2/191?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=schaefer&searchid=1140000264736_2138&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&journalcode=ajcn (23. feb. 2006)

Shafey T.M., Dingle J.G., McDonald M.W. 1992. Comparison between wheat, triticale, rye, soybean oil and strain of laying bird on the production, and cholesterol and fatty acid contents of eggs. British Poultry Science, 33, 2: 339-346

Sheppard A.J., ODell R.G., Pennington J.A.T. 2003. Cholesterol. Properties and determination. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. 2nd ed. Vol 2. Caballero B., Trugo L.C. Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 1220-1226

Sheridan A.K., Humphris C.S.M., Nicholls P.J. 1982. The cholesterol content of eggs produced by australian egg-laying strains. British Poultry Science, 23, 6: 569-575

Siegel P.B. 1963. Selection for breast angel at eight weeks of age. 2. Correlated responses of feathering, body weights and reproductive characteristics. Poultry Science, 42, 2: 437-449

Simčič M. 2003. Vsebnost holesterola v jajcih avtohtone pasme štajerke in isabrown kokoši. Diplomska naloga. Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 44-49

Simmons R.W.III, Somes R.G.Jr. 1985. Chemical characteristic of araucana chicken eggs. Poultry Science, 64, 7: 1264-1268

Skvarča M. 1998. Tehnološka in kulinarična uporabnost jajc. V: Strokovni seminar: Jedilna jajca obogatena z ω-3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 28-42

Stadelman W.J. 2003a. Eggs. Structure and composition. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. 2nd ed. Vol 3. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 2005-2009

Stadelman W.J. 2003b. Eggs. Dietary Importance. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. 2nd ed. Vol 3. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 2009-2012

Stępińska M., Niemiec J., Cywa-Benko K. 1993. Egg yolk cholesterol concentration in different hen strains. V: Quality of Poultry Products. Proceedings of 5th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Tours (France), 4-8 oct. 1993. Nys Y. (ed.). Tours, Branche Française de la World's Poultry Association: 459-464

Suchý P., Straková E., Jarka B., Thiemel J., Večerek V. 2004. Differences between metabolic profiles of egg-type and meat-type hybrid hens. Chech Journal of Animal Science, 49, 8: 323-328

Surai P.F., Sparks N.H.C. 2001. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. Trends in Food Science & Technology, 12: 7-16 http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VHY-444DTKK-3-6&_cdi=6079&_user=634387&_orig=search&_coverDate=01%2F31%2F2001&_sk=999879998&view=c&wchp=dGLbVzb-zSkzV&md5=183dbb10f45d60a8fb4e63787f845bb5&ie=/sdarticle.pdf (23. feb. 2006)

Šalehar A., Čepon M., Žan M., Kompan D., Holcman A., Habe F., Terčič D. 2003. Seznam in opis slovenskih lokalnih pasem (avtohtone, tradicionalne) domačih živali ter število

plemenic. Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko http://www.bfro.uni-lj.si/Kat_center/genska_banka/Seznam140904.pdf (27. maj 2005)

Terčič D. 1998. Vaje iz perutninarstva. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 296 str.

Tolan A., Robertson J., Orton C.R. 1974. Studies on the compositon of food. 5. The chemical compositon of eggs produced under battery, deep liter and free range conditons. British Journal of Nutrition, 31, 2: 185-200

Toth G. 2000. Hranilna sestava navadnih in ω-jajc, pripravljenih na različne načine. Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 1-5

Turk D.E., Barnett B.D. 1971. Cholesterol content of market eggs. Poultry Science, 50: 1303-1306

Unetič D. 2001. Značilnost rasti piščancev iz dvosmerne selekcije na telesno maso. Diplomsko delo. Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 15 str.

Verrinder Gibbins A.M., Brazolot C.L. 1994. Novel products from genetic engineering of eggs. Misset World Poultry,10, 1-2: 62-65

Washburn K.W., Marks H.L. 1977. Relationship of yolk and plasma cholesterol levels to position of egg in clutch. Poultry Science, 56, 5: 1676-1678

Washburn K.W. 1990. Genetic variation in the egg composition. V: Poultry breeding and genetics. Crawford R.D. (ed.). Amsterdam, Elsevier: 781-798

Weggemans R.M., Zock P.L., Katan M.B. 2001. Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans: a meta-analysis. The American Journal of Clinical Nutrition, 73, 5: 885-891 http://www.ajcn.org/cgi/content/full/73/5/885?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=Dietary+cholesterol+from+eggs+increases+the+ratio+of+tetal+cholesterol&searchid=1139305622789_1384&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&journalcode=ajcn (7. feb. 2006)

Wells R.G., Belyavin C.G. 1989. Egg quality - current problems and recent advances. London, Butterworths: 302 str.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, vodenje in usmerjanje ob nastajanju diplomske naloge, za ves naklonjen čas, spodbudne besede in pregled dela se iskreno zahvaljujem mentorici prof. dr. Antoniji HOLCMAN.

Iskreno se zahvaljujem tudi somentorici dr. Alenki LEVART za strokovno pomoč in spodbudo pri opravljanju analize, svetovanje, predloge izboljšav ter pregled diplomske naloge.

Zahvaljujem se predsedniku komisije prof. dr. Juriju POHARJU in recenzentu prof. dr. Janezu SALOBIRJU za pregled dela.

Mag. Mojci KOMAN RAJŠP in Anici MUŠIČ se zahvaljujem za pomoč, nasvete, dobro voljo ter čas, ki sta mi ga naklonile pri opravljanju analize v laboratoriju.

Za pomoč pri statistični obdelavi podatkov se zahvaljujem as. dr. Dušanu TERČIČU, prof. dr. Mileni KOVAČ in Tini FLISAR.

Hvala osebju knjižnice Oddelka za Zootehniko za pomoč pri iskanju literature, pregled dela in lektoriranje angleškega izvlečka.

Za prijetno družbo, spodbudo in pomoč v času študija ter nastajanju diplomskega dela se zahvaljujem Urši, Simoni, Janji, ostalim sošolkam in sošolcem ter vsem prijateljem.

Iskrena hvala mojim domačim, mami Zinki, očetu Jožetu in bratu Gregorju z družino za vso moralno in finančno podporo, spodbudo, neskončno potrpežljivost ter zaupanje.

Nazadnje, toda iz srca, se zahvaljujem fantu Janku za spodbudne besede, razumevanje in drobne pozornosti, ki so me spravljale v dobro voljo v času nastajanja diplomskega dela.

PRILOGE

Priloga A:

Vsebnost holesterola v jajcu pri linijah D(+),D(-) in WM

Številka jajca	Linija	mg/g suhe snovi rumenjaka	mg/g svežega rumenjaka	mg/g jajca	mg/g jajčne vsebine	mg/jajce
1	D(+)	29,01*	14,84	4,22	4,67	360,54
2		29,32*	15,19	4,28	4,86	347,04
3		31,28*	16,39	3,93	4,40	313,61
4		34,64*	17,97	4,55	5,15	363,17
5		34,58*	17,55	5,18	5,77	410,24
6		27,54*	14,31	4,14	4,69	322,33
7		28,69*	14,71	3,92	4,42	297,17
8		31,47*	15,92	4,34	4,88	312,24
9		33,09*	17,20	4,72	5,30	338,38
10		31,70*	16,41	5,02	5,64	349,95
1	D(-)	26,54*	13,67	4,21	4,80	211,07
2		24,22*	12,45	3,87	4,44	193,88
3		29,01*	14,98	5,02	5,68	251,14
4		28,52	14,61	4,71	5,36	232,60
5		27,65*	14,43	4,39	4,96	212,65
6		27,63*	14,45	4,59	5,18	218,70
7		24,43*	12,64	4,19	4,71	199,06
8		26,27*	13,51	4,21	4,82	200,03
9		24,61*	12,64	4,39	4,92	206,60
10		27,08*	13,97	4,26	4,87	197,93
1	WM	32,63*	16,59	4,34	4,88	359,60
2		33,49*	17,73	4,87	5,45	382,23
3		29,83*	15,35	4,40	4,89	344,02
4		29,74*	15,55	4,61	5,13	358,60
5		33,17*	17,32	4,81	5,34	367,86
6		33,91*	17,89	4,92	5,56	375,27
7		30,19*	15,51	4,36	4,92	332,05
8		36,06*	18,44	4,86	5,52	369,36
9		34,33*	17,49	4,97	5,62	368,26
10		33,97*	17,42	5,17	5,85	377,83

* povprečje dveh paralelk

Priloga B:

Nesnost kokoši D(+)

Teden nesnosti	Starost v tednih	Št. jajc na teden	Št. jajc na kokoš teden	Vseljeno število kokoši	Dejansko število kokoši	% nesnosti na vseljeno kokoš	% nesnosti na dejansko kokoš
1.	33	7	0,23	30	30	3,3	3,3
2.	34	8	0,27	30	30	3,8	3,8
3.	35	9	0,30	30	30	4,3	4,3
4.	36	10	0,34	30	29	4,8	4,9
5.	37	7	0,24	30	29	3,3	3,4
6.	38	13	0,46	30	28	6,2	6,6
7.	39	30	1,07	30	28	14,3	15,3
8.	40	20	0,71	30	28	9,5	10,2
9.	41	27	0,96	30	28	12,9	13,8
10.	42	28	1,00	30	28	13,3	14,3
11.	43	26	0,93	30	28	12,4	13,3
12.	44	32	1,14	30	28	15,2	16,3
13.	45	55	1,96	30	28	26,2	28,1
14.	46	31	1,11	30	28	14,8	15,8
15.	47	39	1,39	30	28	18,6	19,9
16.	48	34	1,21	30	28	16,2	17,3
17.	49	51	1,82	30	28	24,3	26,0
18.	50	54	1,93	30	28	25,7	27,6
Vsota		481	17,10				
Povprečje						12,7	13,6

Priloga C:

Nesnost kokoši D(-)

Teden nesnosti	Starost v tednih	Št. jajc na teden	Št. jajc na kokoš teden	Vseljeno število kokoši	Dejansko število kokoši	% nesnosti na vseljeno kokoš	% nesnosti na dejansko kokoš
1.	36	7	0,07	103	103	1,0	1,0
2.	37	27	0,26	103	103	3,7	3,7
3.	38	69	0,67	103	103	9,6	9,6
4.	39	117	1,14	103	103	16,2	16,2
5.	40	119	1,16	103	103	16,5	16,5
6.	41	201	1,95	103	103	27,9	27,9
7.	42	239	2,32	103	103	33,1	33,1
8.	43	196	1,90	103	103	27,2	27,2
9.	44	222	2,16	103	103	30,8	30,8
10.	45	214	2,08	103	103	29,7	29,7
11.	46	134	1,31	103	102	18,6	18,8
12.	47	44	0,43	103	102	6,1	6,2
13.	48	106	1,04	103	102	14,7	14,8
14.	49	222	2,18	103	102	30,8	31,1
15.	50	217	2,13	103	102	30,1	30,4
16.	51	241	2,36	103	102	33,4	33,8
17.	52	266	2,61	103	102	36,9	37,3
18.	53	231	2,26	103	102	32,0	32,4
Vsota		2872	28,02				
Povprečje						22,1	22,2

Priloga D:

Nesnost kokoši WM

Teden nesnosti	Starost v tednih	Št. jajc na teden	Št. jajc na kokoš teden	Vseljeno število kokoši	Dejansko število kokoši	% nesnosti na vseljeno kokoš	% nesnosti na dejansko kokoš
1.	25	65	0,22	302	295	3,1	3,1
2.	26	206	0,70	302	295	9,7	10,0
3.	27	456	1,55	302	295	21,6	22,1
4.	28	658	2,23	302	295	31,1	31,9
5.	29	855	2,90	302	295	40,4	41,4
6.	30	1109	3,77	302	294	52,5	53,9
7.	31	1182	4,02	302	294	55,9	57,4
8.	32	1189	4,07	302	292	56,2	58,2
9.	33	1072	3,70	302	290	50,7	52,8
10.	34	990	3,44	302	288	46,8	49,1
11.	35	803	2,80	302	287	38,0	40,0
12.	36	1031	3,60	302	286	48,8	51,5
13.	37	979	3,44	302	285	46,3	49,1
14.	38	875	3,08	302	284	41,4	44,0
15.	39	885	3,19	302	277	41,9	45,6
16.	40	952	3,46	302	275	45,0	49,5
17.	41	903	3,31	302	273	42,7	47,3
18.	42	907	3,35	302	271	42,9	47,8
Vsota		15117	52,82				
Povprečje						39,7	41,9

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Andreja INTIHAR

VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH TREH LINIJ KOKOŠI

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2006