

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Špela KOLAR

**PREGLED IN ANALIZA REZULTATOV PROUČEVANJ  
NEKATERIH LASTNOSTI KAKOVOSTI JAJC V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**A REVIEW AND THE ANALYSIS OF RESULTS ON SOME EGG  
CHARACTERISTICS EXAMINED IN SLOVENIA**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija kmetijstva – zootehnike. Opravljeno je bilo na Katedri za govedorejo, rejo drobnice, perutninarstvo, akvakulturo in sonaravno kmetijstvo Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

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

Recenzent: prof. dr. Janez Salobir

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Stanko KAVČIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

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

Član: prof. dr. Janez SALOBIR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora: 21.12.2007

Naloga je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Špela Kolar

### KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 637.4:636.5.084/.087(043.2)=163.6
KG	živila/jajca/kakovost/prehranska vrednost/priprava/perutnina/kokoši/ nesnice/prehrana živali
KK	AGRIS Q04/6100/9610
AV	KOLAR, Špela
SA	HOLCMAN, Antonija (mentorica)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2007
IN	PREGLED IN ANALIZA REZULTATOV PROUČEVANJ NEKATERIH LASTNOSTI KAKOVOSTI JAJC V SLOVENIJI
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	VII., 48 str., 7 pregl., 53 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V diplomskem delu je proučena slovenska in tuja literatura o lastnostih jajc, dosedanje raziskave v Sloveniji vezane na dejavnike, ki vplivajo na fizikalne in senzorične lastnosti jajc. Vključene so tudi študije o vsebnosti elementov, holesterola v jajcih ter maščobnokislinski sestavi jajc, študije vplivov obogatitve krme z n-3 maščobnimi kislinami, vitamini ter nekaterimi elementi na lastnosti jajc. Del naloge je namenjen hranilni sestavi in načinu priprave jajc.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 637.4:636.5.084/.087(043.2)=163.6
CX	food/eggs/quality/nutritional value/preparation/poultry/laying hens/animal nutrition
CC	AGRIS Q04/6100/9610
AU	KOLAR, Špela
AA	HOLCMAN, Antonija (supervisor)
PP	SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Zootechnical Department
PY	2007
TI	A REVIEW AND THE ANALYSIS OF RESULTS ON SOME EGG CHARACTERISTICS EXAMINED IN SLOVENIA
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	VII., 48 p., 7 tab., 53 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In this thesis the Slovene and foreign literature on egg characteristics was reviewed, and the Slovene researches on factors that influence physical and sensoric egg properties were considered. The studies of element analyses, cholesterol and fatty acid composition of eggs as well as the studies on influences of enrichment of food with n-3 fatty acids, vitamins and some elements are also described. One part of the thesis is dedicated to the nutritional composition and gastronomic aspect of eggs.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2 KAKOVOST JAJC</b>	<b>3</b>
2.1 FIZIKALNE LASTNOSTI JAJC	4
2.1.1 Masa jajca	4
2.1.2 Kakovost jajčne lupine	6
2.1.3 Kakovost jajčne vsebine	7
2.1.3.1 Beljak in haughove enote	7
2.1.3.2 Barva rumenjaka	8
2.1.3.3 Krvne in mesne pege	10
2.1.3.4 Svežost jajc	10
2.2 SENZORIČNE LASTNOSTI JAJC	11
2.3 PREHRANSKA (HRANILNA) VREDNOST JAJC	11
2.3.1 Holesterol v jajcih	12
2.3.2 Maščobnokislinska sestava jajca	13
2.3.3 Jajca obogatena z n-3 maščobnimi kislinami (omega jajca)	14
2.3.4 Vsebnost nekaterih elementov in vitaminov v jajcih	15
2.4 KONTAMINACIJA IN MIKROBIOLOŠKA KAKOVOST JAJC	16
<b>3 REZULTATI IN RAZPRAVA O PROUČEVANJIH NEKATERIH LASTNOSTI KAKOVOSTI JAJC V SLOVENIJI</b>	<b>17</b>
3.1 FIZIKALNE LASTNOSTI JAJC	17
1.1.1 Kakovost jajc na slovenskem tržišču	17
3.1.2 Kakovost jajc iz ekološke in baterijske reje	19

<b>3.1.3</b>	<b>Vpliv dvosmerne selekcije na maso piščancev pri 56. dnevu starosti na nekatere fizikalne lastnosti jajc</b>	19
<b>3.1.4</b>	<b>Vpliv reje na fizikalne lastnosti jajc</b>	20
<b>1.1.1</b>	<b>Vpliv beta agonista salbutamol sulfata na nekatere lastnosti jajc</b>	21
<b>3.1.6</b>	<b>Vpliv glutamina in prebiotikov na kakovost jajčne lupine</b>	22
<b>3.1.7</b>	<b>Vpliv dodatka kratkoverižnih maščobnih kislin v krmo kokoši nesnic na kakovost jajčne lupine</b>	22
<b>3.2</b>	<b>SENZORIČNE LASTNOSTI JAJC</b>	23
<b>3.2.1</b>	<b>Vpliv reje kokoši na senzorične lastnosti jajc</b>	23
<b>1.1</b>	<b>VSEBNOST NEKATERIH ELEMENTOV V JAJCIH</b>	24
<b>3.3.1</b>	<b>Vsebnost nekaterih elementov v jajcih iz kmečke in farmske reje</b>	24
<b>3.3.2</b>	<b>Vsebnost težkih kovin v jajcih iz različnih rej</b>	29
<b>3.3.3</b>	<b>Vpliv različnih koncentracij arzena v krmi za kokoši nesnice na njegovo porezdelitev v jajcih</b>	32
<b>1.1.1</b>	<b>Porezdelitev selena in joda v jajcih kokoši, krmljenih s krmo z dodanim arzenom</b>	33
<b>3.4</b>	<b>VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH</b>	33
<b>3.4.1</b>	<b>Vpliv genotipa in načina reje na vsebnost holesterola v jajcih</b>	33
<b>3.4.2</b>	<b>Vpliv beta agonista na vsebnost holesterola v jajcih</b>	35
<b>3.5</b>	<b>MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJC</b>	35
<b>3.5.1</b>	<b>Vpliv genotipa in načina reje na maščobnokislinsko sestavo jajc</b>	35
<b>3.6</b>	<b>OBOGATENA JAJCA Z n-3 MAŠČOBNIMI KISLINAMI, VITAMINOM E IN NEKATERIMI ELEMENTI</b>	36
<b>1.1</b>	<b>VSEBNOST HRANIL IN SENZORIČNA ANALIZA NAVADNIH IN OMEGA JAJC, PRIPRAVLJENIH NA RAZLIČNE NAČINE</b>	39
<b>4</b>	<b>SKLEPI</b>	41
<b>5</b>	<b>POVZETEK</b>	43
<b>6</b>	<b>VIRI</b>	45
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Sestava kokošnjega jajca v %, težkega 60 g, brez lupine (Holcman 2004: 113)	12
Preglednica 2: Pregled rudnin in vitaminov, ki jih jajce v povprečju vsebuje (Ločniškar, 1983: 9, Ločniškar in sod., 1991: 10)	16
Preglednica 3: Vsebnost elementov v vzorcih beljakov in rumenjakov iz kmečke in farmske reje (v mg/100 g vzorca)	28
Preglednica 4: Primerjava med povprečnimi vsebnostmi selena in joda v svežih vzorcih (ng/g) beljakov in rumenjakov kokoši iz proste in baterijske reje (Tumpej, 2000: 48)	29
Preglednica 5: Vsebnosti arzena, kadmija, živega srebra, svinca v jajcih (ng/g jajčne vsebine) (Bizjak, 1992: 43)	31
Preglednica 6: Ocene srednjih vrednosti in razlik med genotipoma in med načinoma reje (Simčič, 2003: 42-43)	34
Preglednica 7: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g rumenjaka) glede na sezono v jajcih štajerske (ŠK) in isa brown kokoši (IBK) (Simčič, 2003: 40-41)	34

## 1 UVOD

Jajca vsebujejo pomembna esencialna hranila – maščobe, beljakovine in vitamine. S tega vidika zavzemajo pomembno mesto v prehrani. Vitaminska sestava jajc je bogata – vsebujejo A, D, E, K, tiamin, riboflavin, piridoksin, ne vsebujejo pa vitamina C. Jajca vsebujejo različne makroelemente (Na, K, Cl, P, Mg, S), od katerih je največ fosforja in različne mikroelemente (Fe, Mn, Zn, Cu, I), od katerih je največ železa (Stadelman in sod., 1988). Zaradi odlične prebavljivosti in pravega aminokislinskega razmerja, se jajca uporabljajo kot standard pri določanju prehranske vrednosti drugih beljakovinskih živil (Ločniškar, 1983; Stadelman in sod., 1988). Jajce je edino živilo s takim razmerjem rudnin in vitaminov, poleg tega pa ga odlikuje tudi dobra prebavljivost (Ločniškar in sod., 1991; Holcman in sod., 1997).

Zaradi izdatne hranilne vrednosti so jajca pomembno polnovredno živilo, kar poleg dobre prebavljivosti, dobrega okusa ter različnih možnosti uporabe le še poveča njihovo pomembnost v sodobni prehrani (Toth, 2000). Imajo celo višjo biološko vrednost kot meso ali mesni izdelki (Pokorn, 1996). Dve jajci vsebujeta 12 g beljakovin (30 % priporočene dnevne količine), s tem pa lahko nadomestita od 57 do 89 g pustega mesa (Stadelman in sod., 1988).

Raznolikost uporabe v prehrani uvršča jajca med živila z večfunkcionalnimi lastnostmi. Uživajo se kot samostojne jajčne jedi in kot dodatek jedem. Lahko imajo nalogo obogatitve biološke vrednosti določenih jedi, lahko opravljajo tehnološko funkcijo rahljanja, vezanja ali emulgiranja jedi in živil oziroma njihovih komponent. Z gastronomsko – kulinaričnega vidika pa so uporabna za oblikovanje jedi ter izboljšanje nekaterih senzoričnih lastnosti jedi kot so barva, aroma, tekstura in druge (Rajar, 1986).

Med neugodne lastnosti jajc prištevamo predvsem vsebnost skupnega holesterola in skupnih maščob s približno 30 % nasičenih maščobnih kislin, zato so se na trgu pričela pojavljati omega jajca. Ta jajca imajo spremenjeno sestavo maščobnih kislin - vsebujejo več večkrat nenasičenih maščobnih kislin, zaradi česar so primernejša za varovalno prehrano. Na slovenskem trgu je glavni proizvajalec Jata Emona (Toth, 2000).



Večina porabnikov presoja kakovost jajc pretežno na osnovi fizikalno – kemijskih lastnosti rumenjaka, beljaka in lupine. Kakovost pa dejansko vključuje tudi mikrobiološko, higiensko, senzorično in tehnološko kakovost. Vse več pozornosti porabniki namenjajo tudi hranilni vrednosti in zdravstveni neoporečnosti pa tudi kakovosti in načinu reje, iz katere izhajajo jajca. S primernimi krmnimi obroki za kokoši nesnice je moč jajca obogatiti z nekaterimi želenimi snovmi (n-3 večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami, minerali, vitamini) meni Holcman (2004). Za zdravo in varno prehrano je pomembna zdravstvena ustreznost jac, svežost in kakovost v celoti (Doganoc in Komar, 2001).

Kadar govorimo o kokošjem jajcu uporabljamo zanj zgolj besedo jajce, jajca ostalih vrst pa poimenujemo dodatno z vrsto perutnine, npr. gosje, prepeličje, račje jajce (Pokorn, 1996; Doganoc in Komar, 2001). Ne glede na pestro izbiro jajc različnih vrst ptic, ljudje še vedno najpogosteje uživamo kokošja jajca (Skvarča, 1998).

V diplomski nalogi bomo strnili dosedanje raziskave v Sloveniji v zvezi s kakovostjo jajc v najširšem pomenu besede in oblikovali celovit pregled na tem področju. Osredotočili se bomo le na kokošja jajca.

## 2 KAKOVOST JAJC

Pojem kakovosti jajc ima več različnih interpretacij glede na to ali gre za rejce ali porabnike. Porabnikom pomeni kakovost sveže jajce značilnega vonja in okusa, primerne mase, močne in gladke lupine, z velikim deležem gostega beljaka, s primerno intenzivno rumenim okroglim rumenjacom v središču jajca, brez krvnih in mesnih peg ter brez razbarvanj. Rejcem pomeni kakovost predvsem masa jajc, trdnost lupine ter odsotnosti različnih napak na jajčni lupini. Za živilsko industrijo pa je pomembnejša jajčna vsebina. V zadnjem času postaja vse pomembnejši tudi način reje (Holcman, 1998), v zvezi s tem pa porabnike zanimata predvsem prehrana kokoši in način uhlevitve v času prireje jajc (Holcman, 2004).

Kakovost jajc se navadno nanaša na različne lastnosti zunanosti in notranosti jajca (fizikalne in kemijske lastnosti rumenjaka, beljaka in lupine) (Doganoc in Komar, 2001). *Zunanja kakovost* jajc pomeni obliko, velikost (maso) jajca ter kakovost lupine (trdnost, barva, umazanost s krvjo, napake). *Z notranjo kakovostjo* pa interpretiramo jajčno vsebino, zračni mehurček, višino beljaka in Haughove enote, barvo rumenjaka, krvne in mesne pege, svežost jajc in mikrobiološko kakovost (Holcman, 2004).

Genetika (pasma oziroma križanec), prehrana, zdravstveno stanje živali, tehnologija reje (zagotavljanje ustreznih pogojev v okolju: vlaga, sestava zraka, temperatura, svetloba, gnezda, oprema in drugo) in starost kokoši so skupine dejavnikov, ki vplivajo na kakovost jajc (Holcman, 1999).

Z lastnostmi, ki so značilne, jasno definirane in se morajo izraziti enostavno, zanesljivo, natančno in ponovljivo, določamo kakovost jajc. Metode za oceno kakovosti jajc, svežosti jajc, so predvsem senzorične in fizikalne. Obstajajo pa tudi sodobni instrumenti, ki omogočajo merjenje različnih lastnosti (Doganoc in Komar, 2001).

## 2.1 FIZIKALNE LASTNOSTI JAJC

### 1.0.0 Masa jajca

Rejcem je pomembna masa jajca, ker se jajca prodajajo po težnostnih razredih, kajti težje kot je jajce, višja je cena. Maso jajca določajo različni dejavniki:

- Genetika: Masa jajca je genetsko pogojena lastnost, saj različne pasme kokoši in različne križanke nesejo jajca različnih velikosti (Holcman, 2004). Pasma se razlikujejo po barvi lupine, zato je pomemben tudi podatek, da so jajca z belo lupino praviloma lažja kot jajca z rjavo lupino (Curtis in sod., 1986; cit. po Holcman, 1990).

V raziskavi, ki sta jo izvedla Suk in Park (2001), so bile primerjane nekatere fizikalne lastnosti jajc avtohtone korejske kokoši in komercialne nesnice isa brown. Primerjala sta mase jajc, beljaka, rumenjaka in lupine, debelino lupine in razmerje med rumenjacom in beljakom. Ugotovila sta, da so jajca avtohtone kokoši lažja in da je lažji tudi beljak, rumenjaka pa je v povprečju težji za 0,7 g. Lupina jajc avtohtonih kokoši je lažja in tanjša kot pri isa brown kokoših.

- Starost kokoši: Starost kokoši ima večji vpliv na maso kot na samo sestavo jajca (Stadelman in sod., 1988). Masa jajca narašča s starostjo kokoši, na začetku nesnosti celo strmo narašča, kar lahko uravnamo s prehrano in maso kokoši (Egg production and processing, 1996). Jajca mladih kokoši tehtajo okoli 50 g, na koncu nesnosti pa okoli 70 g. Skladno z velikostjo jajca se spreminja tudi razmerje med beljakom in rumenjacom, delež beljaka se povečuje, rumenjaka pa zmanjšuje (Zorko, 1995).

Suk in Park (2001) sta v svojem preizkusu ugotovila, da so jajca kokoši isa brown v 45. tednu starosti tehtala 62,7 g, v 80. tednu starosti pa 64,9 g. Masa jajca avtohtone korejske kokoši pa je bila v 45. tednu starosti 50,9 g in 54,0 g pri starosti 80 tednov.

Pri ugotavljanju vpliva starosti kokoši na razmerje beljaka in rumenjaka so spremljali tudi maso jajca. Masa jajc kokoši hy-line W36 se je s starostjo kokoši povečevala - pri starosti 32 tednov so jajca tehtala 58,8 g, pri 58 tednih pa 59,3 g. S starostjo kokoši se povečujeta masi rumenjaka in beljaka. Masa rumenjaka se je v preizkusnem obdobju od 32. do 40. tedna starosti kokoši povečala za 7,48 %, masa beljaka pa za 2,8 % (Hussein in sod., 1993).

- Mesto jajca v seriji: Kokoši nesejo jajca v serijah – nesejo nekaj dni zapored, nato prenehajo za dan ali več, potem pa se serija ponovi. Prvo jajce v seriji je navadno največje, nato pa se postopno zmanjšujejo (Holcman, 2004).
- Nesnost: Jajca, ki jih znesejo najboljše nesnice, so drobnejša (Holcman, 2004).
- Prehrana: Nekatero sestavino v krmi vplivajo na maso jajca. Pomanjkanje beljakovin in linolne kisline v krmi zmanjša maso jajca (Holcman, 2004).

Bohnsack in sod. (2002) so izvedli poskus s komercialnimi nesnicami. Proučevali so vpliv koncentracije koruznega olja in perutninske maščobe v krmnem obroku na proizvodne lastnosti nesnic pri različnih temperaturah. Kokoši so bile uhlevljene pri temperaturi 29 °C in pri nihajoči temperaturi med 10 in 29 °C. Ugotovljeno je bilo, da količina in vir maščobe ne vplivata na nesnost. Masa jajca se je povečevala skladno z večanjem maščob v krmi. Pri dodajanju koruznega olja je bil porast mase jajca še posebej opazen. Glede na količino maščob v krmi je naraščal tudi dnevni prirast. Zaključili so, da povečana količina maščob v krmi statistično značilno poveča maso jajca. Z dodajanjem koruznega olja v krmo dobimo težja jajca, ne glede na temperaturo okolja. Poveča se tudi delež velikih jajc. Za povečanje mase jajc na začetku nesnosti priporočajo dodajanje 4 % maščob v krmo.

Statistično zmanjšanje mase jajca so opazili Reklewska in sod. (1995) pri krmljenju kokoši nesnic z zrnjem ščira (*Amaranthus hypochondriacus*). Herber in Van Elswyk (1996) sta pri krmljenju kokoši s krmo z 1,5 % menhaden olja in 4,8 % morskih alg opazila občasno zmanjšanje mase jajc in rumenjaka, medtem ko pri krmi z dodatkom 2,4 % morskih alg,

nista opazila zmanjšanja mase jajc. Elkin in sod. (1992) niso zaznali statistično značilnega zmanjšanja mase jajc pri krmljenju MEDICA 16 ( $\beta,\beta'$ -tetrametil-substituirana heksadekandiojska kislina) kokošim, prav tako Hargis in sod. (1991) pri krmljenju menhaden olja.

- Temperatura v okolju: Pri visokih temperaturah kokoši zaužijejo manj krme, kar vpliva na zmanjšanje mase jajc (Holcman, 2004).

Bohnsack in sod. (2002) so v poizkusu ugotovili, da so kokoši uhlevljene pri nižjih temperaturah (nihajoča temperatura od 10 – 29,4 °C) nesle v povprečju težja jajca, ne glede na količino krmi dodanih maščob.

### **2.1.2 Kakovost jajčne lupine**

Kakovost lupine je najvidnejša lastnost jajca, medtem ko vsebina jajca ostane neznaná do razbitja le - te (Doganoc in Komar, 2001). Po Bellu (2002) so bistveni parametri določanja kakovosti jajčne lupine njena trdnost, tekstura, poroznost, oblika, čistost, barva. Slednja ne vpliva na hranilno vrednost jajca (je dedna lastnost), vendar je pomembna za uporabnike (Doganoc in Komar, 2001) saj to lastnost kupci ocenijo, preden se odločijo za nakup (ekonomski vidik) (Bevc, 1992). Rezultati ankete, ki jo je izvedla Zajec (1995), so pokazali, da se največ porabnikov pri nakupu odloča za jajca z rjavo lupino (65 %). Barva lupine s starostjo kokoši blede, na kar delno vpliva tudi masa jajca, ki se s starostjo večá (Egg production and processing, 1996).

Pomembna je skrb za čistost jajčne lupine, saj umazana jajca porabniki zavračajo. S pogostostjo pobiranja jajc iz gnezd in s pogoji v prostoru, kjer shranjujemo jajca (temperatura, vlaga, čas skladiščenja, čistoča), tudi po znesenju vplivamo na njihovo kakovost (Holcman, 1999).

Na kakovost jajčne lupine vplivajo številni dejavniki: velikost jajca - večje kot je, slabša je kakovost lupine, pri nesnicah v pozni nesnosti se zmanjšujeta odstotek in debelina jajčne

lupine (Al-Batshan in sod.,1994), čas zadrževanja jajca v maternici - manj časa je jajce v maternici, tanjša bo lupina, relativna gostota in trdnost lupine se zmanjšujeta ob poviševanju temperature na 32 °C (Holcman, 2004) in drugi. Osnovni dejavniki, ki vplivajo na kakovost jajčne lupine pa so genetski, starost in okolje (Al-Batshan in sod., 1994; Vidovič, 2005).

Debelina lupine je eno najbolj neposrednih meril kakovosti lupine (Kavc, 1990; Zajec, 1995). Obstaja pozitivna korelacija med trdnostjo in debelino lupine. Debelina jajčne lupine je odvisna od genetskih in številnih dejavnikov okolja (Zajec, 1995). Prehrana kokoši ima pomemben vpliv na debelino jajčne lupine. Ponoči, ko kokoši ne uživajo krme, se kalcij za tvorbo jajčne lupine mobilizira iz kosti. Ker sposobnost nalaganja in mobiliziranja velikih količin kalcija iz kosti variira, pri nekaterih kokoših prihaja do nezadostne kalcifikacije in s tem do tvorbe slabše lupine (Kavc, 1990). Tanka lupina otežuje transport jajc (Bell, 2002; Kavc, 1990), poleg tega pa so zaradi večje poroznosti tudi večje izgube vlage iz jajčne vsebine, še posebej poleti in pri višjih temperaturah skladiščenja (Kavc, 1990). Bell (2002) ugotavlja, da je približno 10 % jajc izgubljenih, ker jim počni lupina v času od znesenja do prodaje.

Al-Batshan in sod. (1994) so v poizkusu ugotovili, da ima starost kokoši značilen vpliv na razmerje med maso lupine in maso jajca ter na debelino lupine. Masa jajčne lupine se je s starostjo sicer povečevala, vendar se je razmerje med njeno maso in maso jajca zmanjševalo, lupina pa se je s starostjo tanjšala.

### **2.1.3 Kakovost jajčne vsebine**

#### **2.1.3.1 Beljak in Haughove enote**

Sveže jajce naj bi imelo velik delež čvrstega beljaka, ki naj se ne bi razlil, ko jajce razbijemo in naj bi se dobro držal rumenjaka (Egg production and processing, 1996). Kakovost beljaka se ocenjuje z deležem gostega in redkega beljaka ter višino gostega beljaka - delež gostega beljaka naj bi bil čim večji, višina gostega beljaka med 8 in 10 mm

pa kaže na zelo dobro ali kar odlično notranjo kakovost. Najpogosteje uporabljeno merilo kakovosti beljaka so Haughove enote (HE) (Holcman, 2004).

$$HE = 100 \log (V + 7,57 - 1,7 M^{0,37})$$

V - višina beljaka, M - masa jajca.

Skala HE sega vse od 0 (slaba kakovost beljaka) do 100 in več (odlična kakovost beljaka). Na začetku nesnosti je povprečno število HE 95, kasneje pa se zmanjšuje – na povprečno 70 enot. Pri številu 60 porabniki jajca že odklanjajo. Kakovost beljaka se slabša s skladiščenjem. Dlje ko je jajce skladiščeno, več vode iz beljaka izhlapi skozi lupino (Egg production and processing, 1996).

Holcman (2004) navaja dejavnike, ki vplivajo na kakovost beljaka: genetski (razlike med pasmami, linijami, križankami), starost kokoši in jajc (kakovost beljaka se slabša s staranjem jajc in kokoši), trajanje in pogoji skladiščenja, letni čas (škodljive so visoke temperature) ter prehrana kokoši.

Kakovost jajc na slovenskem tržišču so ugotavljali Holcman in sod. (1997). Dogajanje so spremljali pozimi in spomladi ter primerjali kakovost jajc tudi glede na proizvajalca. Višina gostega beljaka je bila statistično značilno različna med sezonami. V zimskem obdobju so imela jajca povprečno za 1,4 mm višje beljake in za 13,1 več HE kot spomladi. Pozimi je bila višina gostega beljaka 6,0 mm in spomladi 4,6 mm. Pozimi so imela jajca 73,4 HE in spomladi 60,3 HE. V primerjavi z velikimi proizvajalci, zasebniki in kmetijskimi zadrugami so imela kmečka jajca nadpovprečno visok gosti beljak in število HE. Kmečka jajca so imela pozimi 6,5 mm visok gosti beljak in 77 HE, spomladi pa je bil beljak visok 5,0 mm in imel 63 HE.

#### 1.0.0.0 Barva rumenjaka

Barva rumenjaka je zelo pomembna lastnost pri ocenjevanju kakovosti jajc, čeprav je bila ugotovljena le majhna odvisnost med barvo rumenjaka in hranilno vrednostjo jajca

(Doganoc in Komar, 2001). Barvo rumenjaka določa predvsem prehrana kokoši nesnic (barvila v krmilih), ne pa barva lupine, kar marsikdo zmotno meni. Najpomembnejša barvila v krmilih so: ksantofila lutein in zeaksantin, beta karoten in druga (Skvarča, 1998). Krmila, ki vsebujejo veliko barvil so koruza in njeni stranski proizvodi pri pridobivanju škroba, zelena krma, še posebno sveža, pa tudi posušena (lucerna, korenje). Intenzivno obarvanost rumenjaka je moč doseči le, če so v krmi tako rumena kot rdeča barvila. Koruza vsebuje le rumena barvila, lucerna pa tudi rdeča. Zato dajejo barvila lucerne skupaj z barvili koruze jajcu bolj intenzivno barvo že pri sorazmerno majhnem deležu lucerne (od 2 do 4%), kot če bi uporabljali precej več same koruze. Barvila lahko krmi tudi dodajamo, lahko so naravna (pridobljena iz rastlin) ali sintetična. Katera barvila lahko primešamo krmi, je točno določeno z zakonom, ki je enak za vso Evropo. Iz deklaracije je razvidno, če je v popolno oziroma dopolnilno krmno mešanico dodano barvilo (Salobir, 2004).

Barvo rumenjaka lahko štejemo med senzorične lastnosti, kamor spadata tudi vonj in okus. Lahko jo izmerimo subjektivno in objektivno (Egg production and processing, 1996). Najpogosteje je za merjenje barve rumenjaka uporabljena Rocheva pahljača, ki je sestavljena iz petnajstih barvnih trakov. Prvi je najsvetlejši (svetlo rumena), zadnji je najtemnejši (temno oranžna).

V krmilnem poizkusu z nesnicami isa brown so ugotavljali učinek siliranega koruznega zrnja na obarvanost rumenjaka. Primerjali so koruzna hibrida *raissa* in *lotus* ter krmo glede na vsebnost suhe snovi iz siliranega koruznega zrnja (40 % in 60 % suhe snovi iz siliranega koruznega zrnja). Ugotovili so, da se je pri obroku s 60 % suhe snovi iz siliranega koruznega zrnja rumenjak značilno temneje obarval, od koruznih hibridov pa je rumenjak temneje obarval hibrid *raissa* (Tkalčič in sod., 2001).

Holcman in sod. (1997) so ugotavljali vpliv sezone in proizvajalca jajc na barvo rumenjaka na slovenskem tržišču. Vzorce jajc so jemali v zimskem in spomladanskem obdobju. Med sezonama so obstajale statistično značilne razlike v barvi rumenjaka. Pozimi so bili rumenjaki obarvani temneje, 13,0 po Rochevi lestvici, spomladi pa svetleje, 12,5 po Rochu. Med jajci različnih proizvajalcev so obstajale značilne razlike v intenzivnosti



obarvanja rumenjaka, med kmečkimi jajci in jajci drugih proizvajalcev pa niso opazili razlik v barvi rumenjaka.

#### 2.1.3.3 Krvne in mesne pege

Pege v jajcih kažejo na fiziološke spremembe v procesu tvorbe jajčne vsebine. Krvne pege nastanejo ob ovulaciji, to je sprostitvi dozorelega folikla iz jajčnika, ki včasih počí na neprekrvavljenem mestu, pri tem se pojavijo manjše ali večje krvne pege. Gre za rdeče krvave madeže v rumenjaku, redkeje v beljaku. Mesne pege so degenerirane krvne pege ali delčki odlučenega tkiva jajcevoda (od rjave do bele barve), pojavljajo se predvsem v beljaku, lahko so kalcitnega izvora (kalcijev karbonat je glavna sestavina lupine) (Holcman, 2004). Na pojav krvnih in mesnih peg vplivajo po mnenju različnih avtorjev (Nesheim in sod., 1979, cit. po Zajec 1995; Coutts, 1990, cit. po Zajec, 1995; Al Bustany in Elwinger, 1987, cit. po Zajec 1995; Holcman, 2004) različni dejavniki: genetski (več jih je v jajcih z rjavo lupino), prehrana kokoši (nizka raven vitaminov A in K in toksini zaradi plesnive krme v obroku lahko povečajo obseg krvnih peg), način reje (stres), starost živali (s staranjem kokoši se povečuje obseg mesnih peg), program osvetljevanja, bolezní (epidemični tremor).

Pri ugotavljanju vpliva sezone in različnih proizvajalcev na delež jajc z mesnimi in krvnimi pegami so Holcman in sod. (1997) opazili, da ni bistvenih razlik med zimskim (51,4 %) in spomladanskim (55,2 %) obdobjem ter prav tako ne med skupinami proizvajalcev (veliki proizvajalci 50,7 %, kmetijske zadruge 52,9 % in zasebniki 54,9 %).

#### 2.1.3.4 Svežost jajc

Svežost jajc določamo s parametri notranje kakovosti in je za porabnika zelo pomembna. Najbolj kakovostno in sveže je jajce le v trenutku, ko je zneseno. Od tega trenutka naprej se jajce začne starati. Začnejo se fizikalne in kemijske spremembe - staranje. Te spremembe vplivajo na kakovost jajc, hitrost sprememb pa je odvisna od pogojev hranjenja in ravnanja z jajci. Svežost jajc je odvisna od številnih dejavnikov in jo lahko ocenimo na

osnovi različnih kriterijev, npr.: velikost zračnega mehurčka, s pregledom beljaka in rumenjaka (Doganoc in Komar, 2001).

## 2.2 SENZORIČNE LASTNOSTI JAJC

Senzorično analizo uporabljamo za ugotavljanje gastronomske vrednosti, ta pa se skupaj s fizikalnimi, kemijskimi in mikrobiološkimi metodami uporablja za vrednotenje kakovosti živil (Slokan, 2003). Poleg barve rumenjaka sta vonj in okus najpomembnejši senzorični lastnosti. Jajca v Sloveniji imajo barvo rumenjaka najpogosteje 12 ali 13 enot po Rochevi pahljači. Poleg intenzivnosti obarvanja rumenjaka se lahko opazuje tudi enakomernost barve (Doganoc in Komar, 2001). Jajce mora imeti zanj značilen vonj in okus, brez priokusov in tujih vonjev po amoniaku, zatohlem, plesnivem, kislem, po zemlji, ribah, kemikalijah, žveplu ter drugih. Poleg že omenjenih senzoričnih lastnosti mednje štejemo tudi zunanji videz jajca (lep videz, nedeformirana, čista lupina), konzistenco (rumenjaki mora biti kompakten, s čvrsto ovojnico, ob njem pa plast gostega beljaka in nato obroč redkega beljaka – meja med njima mora biti dobro vidna) in teksturo (občutek v ustih pri kuhanem jajcu, ki je lahko moknat, gladek, prašnat itd.) (Slokan 2003).

## 2.3 PREHRANSKA (HRANILNA) VREDNOST JAJC

Biološko visokovredne beljakovine dajejo jajcu pomembno vlogo v prehrani ljudi. Poleg beljakovin, ki vsebujejo esencialne aminokisliline, se v živilu nahajajo vitamini in minerali, pa tudi nasičene maščobne kisline in kar precejšen delež holesterola (Koch, 1998).

Različni avtorji (Ločniškar 1983; Ločniškar in sod., 1991; Holcman, 2004) navajajo, da je jajce eden najbogatejših virov hranil, potrebnih za rast in razvoj organizma. Sestavljeno je iz 11 % lupine, 58 % beljaka in 31 % rumenjaka (Zorko, 1995; Doganoc in Komar, 2001; Holcman, 2004). Energijska vrednost jajca je okoli 350 kJ, od tega skoraj 80 % pripada rumenjaku. Vsebuje od 12 do 13 % kakovostnih beljakovin, aminokislinska sestava je tako popolna, da so jajčne beljakovine uporabne kot standard za merjenje prehranske kakovosti drugih beljakovinskih živil. Jajca vsebujejo zelo malo ogljikovih hidratov (Stadelman in sod., 1988; Holcman, 2004). Jajčne maščobe so zbrane samo v rumenjaku in so lahko

prebavljive (Holcman, 2004). Vsebnosti omenjenih hranil so predstavljene v preglednici 1. Tudi rudnine in vitamini v jajcu so v ugodnem razmerju ter v lahko prebavljivi obliki. Vsebujejo precejšnje količine železa (1,2 mg) in fosforja (120 mg) ter elemente v sledovih, od vitaminov pa A, E, K in večino vitaminov B-kompleksa. Za ribjim oljem so najbogatejši vir vitamina D (Ločniškar 1983; Ločniškar in sod., 1991; Holcman, 2004).

Preglednica 1: Sestava kokošjega jajca v %, težkega 60 g, brez lupine (Holcman, 2004: 113)

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

### 2.3.1 Holesterol v jajcih

Vsa življenjsko pomembna in energijska hranila, beljakovine in holesterol so zbrani v rumenjaku, beljak pa je skoraj čista beljakovina z minimalno količino maščob, ogljikovih hidratov in brez holesterola (Pokorn, 1996).

Holesterol se nahaja v maščobah živalskega izvora, v želodcu, živčnih tkivih, krvi, možganih, plazmi in jajčnem rumenjaku. Že vrsto let vlada napačna miselnost, da so jajca glavni vir maščob, holesterola in odvečnih kalorij v prehrani sodobnega človeka. Raziskave doslej niso pokazale povezave med količino zaužitih jajc in povečanim tveganjem za razvoj bolezni, obstaja pa priporočilo o omejenem uživanju jajc. Prehranski holesterol povečuje koncentracijo skupnega holesterola - povečata se koncentracija LDL (lipoprotein z majhno gostoto) kot tudi HDL (lipoprotein z veliko gostoto) holesterola. HDL holesterol ima varovalni učinek v nasprotju z LDL holesterolom, ki deluje aterogeno (Nahtigal, 2004).

V povprečju vsebuje jajce dobre štiri miligrame holesterola na gram celega jajca. Tako 60-gramsko jajce vsebuje približno 240 mg holesterola, s strani Svetovne zdravstvene organizacije je maksimalna količina holesterola 300 mg na dan (Holcman, 2004). Omenjena avtorica navaja tudi dejavnike, ki vplivajo na količino holesterola v jajčnem rumenjaku. Jajca kokoši težkega proizvodnega tipa vsebujejo več holesterola kot jajca kokoši nesnic, obstajajo razlike med jajci različnih vrst perutnine in tudi med pasmami. Jajca avtohtonih pasem, ki znesejo manj jajc kot komercialne križanke, vsebujejo več holesterola (v jajcih štajerske kokoši so določili značilno več holesterola kot v jajcih kokoši isa brown). Dobre nesnice namreč nesejo jajca z manjšo vsebnostjo holesterola kot slabše nesnice. Simčič (2003) omenja še nekaj vplivov na vsebnost holesterola v jajčnem rumenjaku: način reje, maso jajc, mesto jajca v seriji, sezono, prehrano, selekcijo in skubenje kokoši ter starost nesnic. Pokorn (1998) navaja, da le mlade kokoši določenih pasem znesejo več jajc, ki so lažja in imajo manj holesterola (mg holesterola na g rumenjaka) od (starejših) kokoši, ki nesejo manj pogosto in imajo debelejša jajca. Meni tudi, da jajca z manj holesterola lahko zato dobimo le z izbiro mladih, visoko produktivnih kokoši in z izbrano prehrano. Nesnost kokoši je v negativni korelaciji z maso jajc, rumenjakov in koncentracijo holesterola v jajcih (Pokorn, 1998). Vsebnost holesterola v jajcih lahko zmanjšamo za okoli 10 % (Pokorn, 1998; Doganoc in Komar, 2001).

### **1.0.0 Maščobnokislinska sestava jajca**

Maščobnokislinska sestava maščobe v jajcu, ki se nahaja v rumenjaku, je odvisna predvsem od starosti in prehrane kokoši (Doganoc in Komar, 2001). V jajcu je velik delež skupnih maščob (Nahtigal, 2004). 60 g težko jajce vsebuje približno 6 g maščobe. V njem je 1,2 g večkrat nenasičenih, 2,7 g enkrat nenasičenih ter le 2,1 g nasičenih maščobnih kislin (Koman-Rajšp in Stibilj, 1998). Vsebnost zaužitih posameznih maščobnih kislin je pomembnejša od količine skupnih maščob. Nasičene in enkrat nenasičene maščobne kisline lahko organizem tvori sam, n-3 ( $\alpha$ -linolenska in dolgoverižni maščobni kislini: eikozapentaenojska kislina, 20:5 n-3 (EPK) in dokozaheksaenojska kislina, 21:6 n-3 (DHK)) in n-6 maščobne kisline (linolna in arahidonska) pa so esencialne in jih moramo zaužiti s hrano (Nahtigal, 2004). Priporočeno razmerje med n-3 in n-6 esencialnimi

kislinami je od 1 proti 5 do 1 proti 10 (Holcman, 2004). N-3 maščobne kisline so velikega pomena za človekovo zdravje, predvsem s stališča preprečevanja določenih bolezni. Predvsem EPK in DHK naj bi po mnenju raziskovalcev preprečevali nastanek nekaterih bolezni kot so arterioskleroza in srčna obolenja, navaja Zadravec (1999).

### **2.3.3 Jajca obogatena z n-3 maščobnimi kislinami (omega jajca)**

Omega (n)-3 je skupno ime za skupino dolgoveržnih, večkrat nenasičenih maščobnih kislin, katerih skupna lastnost je tudi ta, da se prva dvojna vez, gledano z »repa« molekule (to je konca nasproti funkcionalni skupini COOH ali omega konca), nahaja na tretji vezi med ogljikovimi atomi (Udovič, 1998).

Zdravniki so ugotovili ugodne učinke n-3 maščobnih kislin na človekov organizem, zlasti učinek aktivnih maščobnih kislin EPK in DHK, ki zmanjšujeta nevarnost obolenja srca in ožilja ter vnetnih bolezni. DHK poleg tega zmanjšuje tudi nevarnost učnih težav pri otrocih in omogoča normalen razvoj vida (Udovič, 1998). Ta ugotovitev je pritegnila številne nutricioniste in prehrabene industrije, ki so začeli iskati alternativne načine oskrbe jedilnikov z n-3 maščobnimi kislinami (Toth, 2000).

Naravni izvor n-3 maščobnih kislin so ribe, morski sadeži, plankton, mikroalge, s katerimi se ribe hranijo ter nekatera rastlinska olja, predvsem laneno. Vendar pa je bistvena razlika med ribjim in rastlinskim oljem ta, da vsebuje prvo pretežno EPK in DHK, medtem ko vsebuje drugo izključno ALA ( $\alpha$ -linolenska kislina, 28:3, n-3) (Udovič, 1998).

Od leta 1996 so na slovenskem tržišču omega (n-3) jajca, ki so rezultat spremenjenega načina krmljenja kokoši. Omega (n-3) jajca se po senzoričnih lastnostih ne razlikujejo od običajnih jajc (Nahtigal, 2004).

Značilnost teh jajc je, kot navaja Udovič (1998), da jih nesejo kokoši, ki jim je v krmo, poleg običajnih naravnih sestavin (koruze, soje, pšenice, suhe lucerne itd.) primešan še eden od virov n-3 maščobnih kislin (alge, menhaden olja – olja posebne vrste slanikov, lanena olja itd.). Ta jajca so dražja od navadnih jedilnih jajc za 50 do 100 % in vsebujejo

od 200 do 400 % več skupnih n-3 maščobnih kislin.

Raziskave v zadnjih tridesetih letih so pokazale, da je z vključevanjem primernih ribjih in rastlinskih olj v krmo za kokoši nesnice mogoče zelo povečati vsebnost n-3 maščobnih kislin v jajcih in sicer do te stopnje, da že z enim do dvema takima jajcema na dan zaužijemo optimalno količino n-3 maščobnih kislin. Z vgrajevanjem n-3 maščobnih kislin se bistveno izboljša prehransko-fiziološka kakovost jajc. Poleg tega, da je pri takih jajcih ohranjena običajna prehranska kakovost, postanejo odličen vir n-3 maščobnih kislin, holesterol v obogatenih jajcih pa ne povečuje vsebnosti holesterola v krvi. Taka jajca vsebujejo tudi malo arahidonske kisline, ki je nezaželena, ker pospešuje vnetne procese (Koman-Rajšp in Stibilj, 1998).

Savski (1999) je mnenja, da bi bilo za prehrano našega prebivalstva zaželeno, če bi z vgrajevanjem n-3 maščobnih kislin jajcem odvzeli neugodno potencialno lastnost, da zvišujejo raven holesterola v krvi in jih spremenili v bogat vir n-3 maščobnih kislin, ki jih je sicer v zadostni količini mogoče zaužiti le z ribami ali ribjim oljem.

### **1.0.0 Vsebnost nekaterih elementov in vitaminov v jajcih**

Človeško telo vsebuje 70 elementov, od tega jih je 22 za življenje nujno potrebnih. Delijo se na makro- in mikroelemente. Med makroelemente spadajo: natrij, klor, kalcij, magnezij, fosfor, žveplo. Mikroelementi so železo, jod, baker, cink, kobalt, krom, molibden, selen, fluor, mangan, silicij in vanadij. Življenjsko pomembni pa so še nikelj, arzen in kositer. Jajca imajo pestro sestavo teh življenjsko pomembnih mineralov (Rajar, 1986; Pokorn, 1996) ter vitaminov (preglednica 2) A, D, B<sub>1</sub>, še posebno veliko vsebujejo vitamina B<sub>2</sub> (večina ga je v jajčnem beljaku). Vitamina C pa jajca ne vsebujejo (Stadelman in sod., 1988; Pokorn 1996). Zanimiv podatek je, da se okoli 25 % vitamina B<sub>1</sub> in 10 % vitamina B<sub>2</sub> uniči pri toplotni obdelavi jajca (Pokorn, 1996).

Preglednica 2: Pregled rudnin in vitaminov, ki jih jajce v povprečju vsebuje (Ločniškar, 1983: 9; Ločniškar in sod., 1991: 10)

Rudnine	Vitami
70 mg natrija	0,1 mg retinola (vit A)
80 mg kalija	0,0022 mg kalciferola (vit D)
95 mg klora	0,7 mg vitamina E
30 g kalcija	0,025 mg vitamina K
120 mg fosforja	0,1 mg tiamina
6 mg magnezija	0,250 mg riboflavina
70 mg žvepla	0,020 mg niacina
1,2 mg železa	0,013 mg piridoksina (vit B6)
0,015 mg mangana	1,2 mg pantotenske kisline
0,8 mg cinka	0,010 mg biotina
0,050 mg bakra	0,004 mg folne kisline
0,1010 mg joda	0,001 mg kobalamina (vit. B12)
0,030 mg fluora	230 mg holina

## 2.0 KONTAMINACIJA IN MIKROBIOLIŠKA KAKOVOST JAJC

Jajce se lahko okuži že v jajčniku ali jajcevodu, lahko pa pride do okužbe tudi v času iznesenja jajca, ko se to okuži z iztrebki v zadnjem delu jajcevoda ali v kloaki. V ekstenzivnih oblikah reje je pogostost umazanih in mikrobiološko okuženih jajc večja. V trenutku znesenja je na lupini prisotnih že od 300 do 500 organizmov, to število, pa v primernih okoliščinah, lahko že prvo uro naraste na okoli 25000. Večina teh je zdravju neškodljiva, najnevarnejša pa je bakterija salmonela. Pri ljudeh povzročata bolezenske težave predvsem *Salmonella Enteritidis* in *Salmonella Typhimurium*. Okužimo se lahko le v primerih, ko so jajca okužena s salmonelo ter jih uporabljamo surova v živilih in predvsem v slaščicah. Salmonelo v jajcih uničimo s toplotno obdelavo (Holcman, 2004).

### **3 REZULTATI IN RAZPRAVA O PROUČEVANJIH NEKATERIH LASTNOSTI KAKOVOSTI JAJC V SLOVENIJI**

#### **3.1 FIZIKALNE LASTNOSTI JAJC**

##### **3.1.1 Kakovost jajc na slovenskem tržišču**

Kakovost jajc na ljubljanskem trgu je proučevala Kavc (1990) in poudarila kako pomembna je redna kontrola kakovosti tako pomembnih živil kot so jajca. Ugotavljali so, kakšen vpliv ima proizvajalec (več prodajnih mest v Ljubljani, tudi s tržnice – kmečka jajca) jajc in letni čas na lastnosti kakovosti jajc. Jajca so zbirali decembra, marca ter maja. Analizirali so naslednje lastnosti: maso jajc, maso in debelino lupine, barvo lupine, višino beljaka in število HE, barvo rumenjaka ter prisotnost krvnih in mesnih peg. Prišli so do zaključkov:

- proizvajalec in letni čas nista vplivala na barvo jajčne lupine;
- najtežja jajca so v povprečju natehtali marca, najlažja pa decembra, podatki o vplivu proizvajalca na maso jajc pa niso bila verodostojna, ker niso vedno jemali jajc istih težnostnih razredov;
- letni čas in proizvajalec sta značilno vplivala na višino beljaka in HE, najvišje beljake so namerili decembra, najnižje pa maja, najvišji beljak in s tem povezano število HE pa so ugotovili pri proizvajalcu, katerega jajca so bila najbolj sveža na tržišču, kmečka jajca pa so glede HE pod povprečjem;
- med proizvajalci so bile značilne razlike v barvi rumenjaka (različna sestava krme za nesnice), za najmanj intenzivno obarvane rumenjake so se izkazali vzorci rumenjakov kmečkih jajc, najsvetlejše rumenjake so opazili marca, najtemnejše pa maja;
- letni čas je vplival le na debelino lupine, na maso lupine ni imel vpliva, najdebelejše lupine so namerili pri decembrskih vzorcih, najtanjše pa pri majskih, značilen vpliv na debelino in maso jajčnih lupin pa je imel proizvajalec;
- vpliva letnega časa in proizvajalca na pojav krvnih in mesnih peg niso zaznali.



Vpliv sezone, velikost trgovin in velikost proizvajalcev na kakovost jajc v Sloveniji je ugotavljala Zajec (1995). Jajca, 930 so jih vključili v raziskavo, so kupovali v šestih slovenskih mestih v trgovinah in na tržnicah (jajca iz kmečke reje) pozimi in spomladi. Proizvajalce in trgovine so združevali v velikostne razrede: veliki proizvajalci, zasebniki in kmetijske zadruga ter v velike in male trgovine. Proučevali so enake lastnosti jajc kot Kavc (1990). Med sezonama so se vse spremljane lastnosti statistično značilno razlikovale, medtem ko razlik med velikostnimi skupinami proizvajalcev in trgovin niso opazili. So pa zaznali večje razlike med proizvajalci (predvsem v višini gostega beljaka in HE ter barvi rumenjaka). V povprečni masi jajc različnih skupin proizvajalcev niso zaznali velikih razlik, kot tudi ne med različno velikimi trgovinami. Opazili so za 0,5 g večjo maso v zimskem obdobju. Masa in debelina lupine sta bili v zimskem obdobju v povprečju večji kot v spomladanskem obdobju, med različno velikimi trgovinami in proizvajalci pa so bile razlike v povprečnih vrednostih omenjenih lastnosti majhne. Med sezonama se je statistično značilno razlikovala barva lupine, v zimski sezoni je bila nekoliko svetlejša kot v spomladanski sezoni. Kavc (1990) ni ugotovila vpliva sezone na barvo lupine, ko je proučevala kakovost jajc na ljubljanskem trgu (december, marec, maj). Povprečna barva lupine v velikih in malih trgovinah se ni razlikovala. Največje razlike so opazili v višini gostega beljaka in številu HE. V zimski sezoni je bila povprečna višina gostega beljaka 6,0 mm, v spomladanski pa 4,6 mm. Tudi število HE je bilo večje v zimski sezoni (73,4) kot spomladi (60,3). Torej je sezona statistično zelo značilno vplivala na višino gostega beljaka in HE. Po slednjih dveh lastnostih se velikostne skupine proizvajalcev niso statistično razlikovale med seboj. Statistično značilne pa so bile razlike v višini gostega beljaka in HE med posameznimi proizvajalci. Barva rumenjaka se je med sezonama statistično značilno razlikovala, v zimskem obdobju je bila povprečna vrednost barve rumenjaka večja (13,0 po Rochu) kot v spomladanskem obdobju (12,5 po Rochu). Trgovina na barvo rumenjaka ni imela vpliva, do enakih zaključkov so prišli tudi pri vplivu velikosti proizvajalcev. Odstotek jajc s pegami je bil tako med sezonama kot po velikosti trgovin in proizvajalcev precej podoben. V zimski sezoni je imelo krvne in mesne pege polovico analiziranih jajc, v spomladanski sezoni pa 3,9 % več jajc kot v zimski sezoni. Zajec (1995) je s pomočjo ankete, v kateri so jo zanimale nakupovalne navade ter vrednotenje posameznih lastnosti jajc, ugotovila, da je za porabnike najpomembnejša svežost jajc, nato barva rumenjaka,

sledita pa ji velikost jajca in barva lupine. Pri nakupu pa dajejo anketiranci prednost jajcem z rjavo barvo lupine.

Pri interpretaciji vpliva letnih časov je potrebno upoštevati tudi genetske dejavnike (primerjati jajca enakih pasem kokoši) in vpliv načina reje, saj baterijska reja glede na pašno rejo zagotavlja bolj konstantne pogoje okolja in bolj konstantno krmo, tako naj bi bil vpliv letnega časa na fizikalne lastnosti manj izrazit pri baterijski reji.

### **3.1.2 Kakovost jajc iz ekološke in baterijske reje**

Drev (2004) je v poizkusu spremljala fizikalne lastnosti jajc kokoši prelux-G (50 živali) na ekološki kmetiji v kurnici z izpustom, od 36. do 72. tedna starosti kokoši. Dognanja so primerjali z rezultati enako starih 113 prelux-G kokoši iz baterijske reje. Reja je statistično značilno vplivala ( $P < 0,05$ ) na vse fizikalne lastnosti, razen na maso jajca in debelino lupine. Jajca kokoši ekološke reje so bila lažja za 0,34 g, imela so za 0,17 mm višji gosti beljak (ravno obratno je ugotovil Vidovič (2005), jajca nesnice prelux-G iz baterijske reje so imela za 0,45 višji gosti beljak kot jajca kokoši iz reje z izpusti). Za 1,10 enote je bila večja vrednost HE pri jajcih iz ekološke reje, jajčna lupina je bila pri le-teh svetlejša za 4,84 %, in za 0,13 g lažja. Imela so za 1,51 mg/cm<sup>2</sup> manjšo maso lupine na enoto površine kot jajca iz baterijske reje. Največja razlika med ekološko in baterijsko rejo se je pokazala pri barvi rumenjaka, jajca iz ekološke reje so imela za 2,75 enote svetlejši rumenjaki kot jajca iz baterijske reje. Slokan (2003) pa je ugotovila precej svetlejšo barvo pri rumenjakih jajc kokoši prelux-G iz izpusta. Jajca iz ekološke reje so v povprečju vsebovala manj krvnih in mesnih peg (31,0 %) kot jajca iz baterijske reje (42,6 %).

### **3.1.3 Vpliv dvosmerne selekcije na maso piščancev pri 56. dnevu starosti na nekatere fizikalne lastnosti jajc**

Bevc (1992) je proučeval vpliv dvosmerne selekcije na maso pitovnih pasem kokoši pri 56. dnevu starosti na nekatere fizikalne lastnosti jajc. V poizkus sta bili vključeni dve liniji, ki sta bili 14 generacij selekcionirani na večjo D(+) oziroma manjšo telesno maso D(-).

Znotraj vsake linije so vključili po dve starostni skupini. V vsaki liniji in vsaki starostni skupini so opravili meritve na približno 300 jajc, skupno na 1232 jajc. Opazovali so razlike v obliki in masi jajc, višini gostega beljaka, HE, barvi rumenjaka, barvi, masi in debelini jajčne lupine ter prisotnosti krvnih in mesnih peg. Analiza kakovosti jajc je trajala približno en mesec. Meritve so izvajali na dan starih jajc.

Med obema linijama, dobljenima s selekcijo na večjo oziroma manjšo maso živali, obstajajo značilne razlike med povprečnimi vrednostmi v vseh proučevanih fizikalnih lastnostih jajc (Bevc, 1992). Pri navzgor selekcionirani liniji so ugotovili v povprečju težja jajca, višji beljak, večjo vrednost HE, intenzivnejšo barvo rumenjaka, večje število jajc s pegami, v primerjavi z navzdol selekcionirano linijo. Večje povprečne vrednosti pri navzdol selekcionirani liniji gleda na navzgor selekcionirano linijo so ugotovili za naslednje lastnosti jajc: barvo lupine (večja vrednost pri barvi lupine pomeni svetlejšo lupino), debelino lupine, odstotek lupine in maso lupine na enoto površine jajca.

#### **3.1.4 Vpliv reje na fizikalne lastnosti jajc**

Slokan (2003) je proučevala vpliv reje kokoši na fizikalne lastnosti jedilnih jajc. V poizkus so vključili jajca 12 slovenskih rej, ki so redile kokoši v petih različnih načinih reje: baterijska, talna reja, kurnica z izpustom, kurnica z izpustom na ekološki kmetiji in kmečka (dvoriščna) reja. Poleg različnih načinov rej je bila tudi krma različna. Kokoši so bile petih različnih genotipov: prelux–G, prelux–Č, isa brown, hisex in jerebičasta štajerska kokoš. V statistično obdelavo so vključili le dva načina reje; baterijsko rejo in prosto rejo (izpust) in dva genotipa kokoši; prelux–G in isa brown. Jajca so vzorčili v treh časovnih obdobjih (konec julija, začetek septembra in konec septembra 2002). Jajca, ki so jim določali fizikalne lastnosti, so bila večinoma sveža, stara od enega do štirih dni. Izmerili so obliko jajc, analizirali fizikalne lastnosti surovih jajc na aparaturi TSS (barva lupine, masa jajca, višina gostega beljaka, HE, barva jajčnega rumenjaka), izmerili debelino jajčne lupine in preverili prisotnost krvnih in mesnih peg.

Rezultati poizkusa (Slokan, 2003) so pokazali, da je način reje statistično značilno vplival skoraj na vse fizikalne lastnosti, razen na barvo lupine. Jajca iz baterijske reje so imela v primerjavi z jajci iz izpusta bolj idealno obliko, povprečno so bila 3,81 g lažja, imela so boljše kakovost beljaka (gosti beljak je bil višji za 0,63 mm in HE so imela za 6,52 enot več, v povprečju 78,28 HE), za 1,08 enote po Rochu bolj intenzivno rumeno barvo rumenjaka ter debelina lupine je bila za 0,01 mm tanjša pri jajcih iz izpusta. Genotip je vplival prav na vse fizikalne lastnosti statistično značilno. Jajca nesnice isa brown so bila bolj idealne oblike, imela so nekoliko temnejšo barvo lupine in so bila za 1,69 g lažja v primerjavi z jajci kokoši prelux–G. Jajca kokoši prelux–G pa so imela bolj kakovosten beljak (število HE za 5,03 enote večje), za 0,84 enote po Rochevi barvni pahljači bolj intenzivno rumeno barvo rumenjaka in debelino lupine za 0,07 mm debelejšo kot jajca nesnice isa brown. Tudi vpliv reje je bil statistično značilen za skoraj vse fizikalne lastnosti, razen za indeks oblike jajca in debelino lupine. Jajca enako starih kokoši prelux–G iz baterijske so imela glede na jajca iz izpusta intenzivnejšo barvo rumenjaka in debelejšo lupino.

### **3.1.5 Vpliv beta agonista salbutamol sulfata na nekatere lastnosti jajc**

Terčič (1993) je v poizkusu s tridesetimi kokošmi pasme rhode island red proučeval vpliv salbutamol sulfata (beta agonist) na nekatere fizikalne lastnosti jajc. Živali so razdelili v tri skupine. A = aplikacija salbutamol sulfata šest ur po ovipoziciji (vpliv na tvorbo lupine), B = aplikacija salbutamol sulfata štiri ure po ovipoziciji (vpliv na tvorbo open) in kot K so označili kontrolno skupino. Beta agonist so kokošim aplicirali v obliki tablet s po 2 mg aktivne substance salbutamol sulfata per os. Ugotovili so naslednje:

- v skupinah A in B je bila jajčna lupina statistično značilno ( $P < 0,001$ ) tanjša in temnejša v primerjavi s kontrolno skupino;
- masa jajc je bila v skupini A statistično značilno ( $P < 0,05$ ), v B skupini pa statistično neznačilno manjša kot v K skupini. Isto so ugotovili pri površini jajčne lupine;
- masa jajčne lupine se je v skupinah A in B minimalno povečala, se je pa zato v primerjavi s K skupino masa jajčne lupine na enoto površine v skupini A

spremenila statistično značilno ( $P < 0,001$ ), pri skupini B pa je bila ta sprememba statistično neznačilna;

- B skupina je imela statistično značilno ( $P < 0,001$ ) višji gosti beljak in statistično značilno ( $P < 0,001$ ) večjo vrednost HE, glede na skupini A in K.

Prišli so do zaključka, da so bile razlike med jajci statistično značilne v površini in masi jajčne lupine, masi jajčne lupine na enoto površine ter masi jajc in masi jajčne lupine (Terčič, 1993).

### **3.1.6 Vpliv glutamina in prebiotikov na kakovost jajčne lupine**

Frankič (2003) je proučevala ali je mogoče z dodajanjem glutamina (Gln) in prebiotikov v krmo, ugodno vplivati na prebavila in tako z izboljšanjem črevesne absorpcije izboljšati kakovost jajčne lupine. V poizkus so vključili 90 kokoši ross 308, razporedili so jih v pet skupin po 18 živali, ki so jih krmili z zazličnimi aditivi. Prva skupina je bila kontrolna, drugi skupini so dodajali 0,65 % Gln, tretji 1,3 % Gln, četrti 1,95 % Gln in peti skupini 0,15 % prebiotskega preparata Profeed. Jajca so zbirali, tehtali, določevali vsebnost surovega pepela in merili trdnost jajčne lupine. Prišli so do naslednjih sklepov:

- Dodatek Gln in prebiotika ni vplival na nesnost in povprečno maso jajc. Kokoši z boljšo nesnostjo (50 - 100 %) so nesle lažja jajca kot kokoši s slabšo nesnostjo (20 - 49 %).
- Prav tako dodatek različnih koncentracij Gln in prebiotika niso vplivali na izboljšanje trdnosti jajčne lupine, na vsebnost surovega pepela v lupini in na zmanjšanje poškodb lupine (skupine kokoši krmljene z dodatki so imele večji delež poškodovanih jajc kot kontrolna skupina);
- Z večanjem koncentracije Gln se je povečeval tudi delež jajc z mozoljasto lupino.

### **3.1.7 Vpliv dodatka kratkoverižnih maščobnih kislin v krmo kokoši nesnic na kakovost jajčne lupine**

Absorbcija mineralov je v pozni nesnosti omejena oz. zmanjšana, zaradi česar pride do

motenj v presnovi mineralov in s tem posledično do slabše kakovosti jajčne lupine (Al-Batshan in sod. 1994). Flere (2005) je v svojem poizkusu želel ugotoviti ali dodatek mešanice propionske in maslene kisline, pri kokoših v pozni nesnosti, vpliva na kakovost jajčne lupine. Omenjeni kislini naj bi ugodno vplivali na absorpcijsko sposobnost tankega črevesa. Poizkus so izvajali na 54 kokoših, materah pitovnih piščancev ross 308. V prvem tednu so kokoši dobivale osnovno krmno mešanico, potem pa so živali razdelili v tri skupine. Prva je še naprej zauživala osnovno krmno mešanico, druga krmo z 0,65 % dodatka kratkoverižnih maščobnih kislin in tretja skupina krmo z dodatkom 1,30 % kratkoverižnih maščobnih kislin.

Kakovost jajčne lupine se pri kokoših krmljenih z dodatkom kratkoverižnih maščobnih kislin ni izboljšala. Dodatek nobene od koncentracij kratkoverižnih maščobnih kislin v krmi ni pokazal vpliva na trdnost jajčne lupine v nobenem nesnem razredu, prav tako ni statistično značilno vplival na povprečno maso jajca, tudi vsebnost surovega papela se ni spremenila (Flere, 2005).

## 3.2 SENZORIČNE LASTNOSTI JAJC

### 3.2.1 Vpliv reje kokoši na senzorične lastnosti jajc

Slokan (2003) ter Holcman in Skvarča (2005) so proučevali vpliv reje na senzorične lastnosti jajc. Za preizkus so izbrali dva osnovna načina reje: baterijska reja in reja v hlevu z izpustom (pašna reja). Vključenih je bilo pet različnih genotipov kokoši: isa brown, hisex, prelux-G, prelux-Č in jerebičasta štajerska kokoš. Vzorčili so konec julija, začetek septembra in konec septembra. Ocenjevala jih je komisija. Uporabljena je bila nestrukturirana (vrednostna) točkovna lestvica. Pri sistemu 1 - 7 pomeni 1 točka, da lastnost ni izražena ali pa je popolnoma nesprejemljiva, 7 točk pa pomeni, da je lastnost močno ali odlično izražena. Opazili so razlike med načinoma reje in proučevanima genotipoma (isa brown in prelux-G). Način reje je statistično značilno vplival na senzorične lastnosti jajc, saj so imela jajca iz baterijskega načina reje boljše senzorične lastnosti v primerjavi z jajci iz izpusta. Bila so boljše ocenjena pri naslednjih lastnostih:

vonj in konzistenca rumenjaka surovega jajca, enakomernost barve rumenjaka, tekstura, okus, pookus, skupni vtis in barva kuhanega jajca. Jajca iz baterijske reje so imela za 0,15 točke značilnejši vonj surovega jajca kot jajca iz hleva z izpustom (jajca iz baterijske reje 6,95 in jajca iz hleva z izpustom 6,80 točke). Konzistenca beljaka in rumenjaka je bila v povprečju boljša pri jajcih iz baterijskega načina reje kot pri jajcih iz hleva z izpustom. Najmočnejši tuji vonj in pookus kuhanega jajca so zaznali pri jajcih kokoši, ki so jim v krmo dodajali n-3 maščobne kisline. Barva rumenjaka surovega jajca je bila temnejša pri jajcih iz baterijske reje (13,1 enote po Rochu) kot pri jajcih iz hleva z izpustom (12,0 enot). Barva kuhanega rumenjaka in enakomernost barve na prerezu kuhanega rumenjaka je bila bolje ocenjena pri jajcih iz baterijske reje. Genotip pa je statistično značilno vplival le na enakomernost barve rumenjaka kuhanega jajca, ki je bila boljša pri jajcih nesnice isa brown kot prelux-G.

### 3.3 VSEBNOST NEKATERIH ELEMENTOV V JAJCIH

#### 3.3.1 Vsebnost nekaterih elementov v jajcih iz kmečke in farmske reje

Za poizkus o vsebnosti nekaterih elementov v jajcih iz kmečke reje sta Mihalič in Kuhelj (1998) zbrali jajca na štirih kmetijah v Sloveniji:

- Brezovica pri Ljubljani (rjave križanke);
- Slivnica pri Mariboru (štajerska kokoš, isa brown, hisex);
- Topolščica (hisex) in
- Bukovščica (prelux-R),

kjer so bile kokoši v prosti reji in so jih krmili z doma pridelano krmo, le kokoši na kmetiji v vasi Topolščica so dobivale še popolno krmno mešanico za nesnice. Po ločitvi beljakov in rumenjakov ter liofilizaciji so s suhim sežigom pripravili vzorce za določanje vsebnosti kalcija, kalija, magnezija, natrija, cinka (te so določali z metodo atomske absorpcijske spektrometrije) in fosforja (določali so ga z spektrofotometrijo).

Rezultati tega poizkusa (Mihalič in Kuhelj, 1998) so pokazali naslednje:

- Koncentracije kalcija v beljakih iz štirih kmetij v Sloveniji so bile v območju od 6,3

- do 9,7 mg kalcija na 100 g svežega vzorca, koncentracija kalcija v rumenjakih se je gibala od 115,2 do 195,0 mg kalcija na 100 g svežega vzorca. Največja koncentracija kalcija je bila ugotovljena v vzorcih beljakov jajc iz Brezovice pri Ljubljani. Najmanjšo koncentracijo kalcija pa so ugotovili v beljaki iz Topolščice.
- Vzorci beljakov jajc so vsebovali od 120,0 do 165,2 mg kalija na 100 g, rumenjaki pa od 101,3 do 121,7, mg kalija na 100 g svežega vzorca. Največja koncentracija kalija je bila ugotovljena v vzorcih beljakov iz Bukovščice, najmanjšo koncentracijo kalija pa so imeli beljaki jajc iz Topolščice.
  - Območje koncentracije za natrij v vzorcih beljakov je bilo od 183,2 do 207,3 mg Na, v vzorcih rumenjakov pa od 51,7 do 63,5 mg natrija na 100 g svežega vzorca. Vzorci iz Bukovščice so imeli največjo koncentracijo natrija, najmanjšo koncentracijo natrija pa so zabeležili v vzorcih beljakov iz Brezovice.
  - Koncentracijsko območje za magnezij v vzorcih beljakov je znašalo od 12,2 do 15,7 mg magnezija na 100 g svežega vzorca beljaka, vrednosti za vsebnost magnezija v rumenjakih pa so se gibale od 13,5 do 15,3 mg magnezija na 100 g svežega vzorca rumenjaka. Največjo koncentracijo magnezija so imeli vzorci beljakov iz Bukovščice, najmanjšo pa vzorci beljakov iz Slivnice.
  - Koncentracije fosforja v beljaki jajc so se gibale v območju od 12,2 do 22,8 mg fosforja na 100 g svežega vzorca, v rumenjakih pa od 427,0 do 501,0 mg fosforja na 100 g svežega vzorca. Največjo koncentracijo fosforja so ugotovili v vzorcih beljakov jajc s kmetije v Bukovščici, najmanjšo pa v vzorcih beljakov s kmetije v Topolščici.
  - Vzorci beljakov jajc iz kmečkih rej so vsebovali od 0,03 do 0,11 mg cinka na 100 g, rumenjaki pa od 3,5 do 4,0 mg cinka na 100 g svežega vzorca. Največja koncentracija cinka je bila ugotovljena v vzorcih iz Bukovščice, najmanjšo pa so ugotovili v beljaki iz vzorčevalne kmetije v Slivnici.

Z razliko od dobljenih povprečnih vrednosti kalija in magnezija v beljaku, ki nekoliko odstopata od povprečnih vrednosti navedenih v literaturi (Cook in Briggs, 1990, cit. po Mihalič in Kuhelj, 1998; Kaič–Rak, 1990, cit. po Mihalič in Kuhelj, 1998; Holland in sod., 1992, cit. po Mihalič in Kuhelj, 1998; Scherz in Senser, 1994, cit. po Mihalič in Kuhelj,



1998), so povprečne dobljene vrednosti za vsebnost kalcija, natrija, fosforja in cinka v beljakih jajc v mejah vrednosti, ki jih podaja razpoložljiva literatura. Vsebnosti kalcija, kalija, natrija, magnezija in cinka v vzorcih rumenjakov so v koncentracijskem območju, ki ga navajajo avtorji. Vsebnost fosforja v vzorcih rumenjakov pa se, vendar ne bistveno, razlikuje od vrednosti navedenih v literaturi.

Poljanšek (2002) je za določitev vsebnosti nekaterih elementov v jajcih iz farmske reje, analizirala jajca različnih farm, različnih načinov reje in genotipov kokoši:

- Jata Emona – obrat Duplica, tu so v baterijski reji redili isa brown kokoš;
- Pivka perutninarstvo d. d. – obrat Cerknica so na talni reje na nastilu redili hisex kokoš;
- Kmetijska zadruga Trbovlje z. o. o. – pri dveh rejcih – tu so na talni reji na nastilu in baterijski reji redili hisex kokoš.

Kmetijska zadruga Trbovlje in Jata Emona so krmili kokoši s krmno mešanico za kokoši nesnice NSK, pripravljeno v Emona krmila, Pivka perutninarstvo pa je pripravljala svojo krmno mešanico. Posamezni vzorci so bili sestavljeni iz treh beljakov in treh rumenjakov. Vse vzorce so liofilizirali in jim določili suho snov in določili vsebnosti posameznih elementov. Vsebnosti kalcija, kalija, natrija, magnezija, bakra in železa so določali z atomskim absorpcijskim spektrometrom, vsebnost fosforja pa s spektrofotometrom.

Rezultati, ki jih je dobila Poljanšek (2002) v svojem poizkusu so naslednji:

- Koncentracija elementov v beljakih (vse na 100 g svežega vzorca):
  - od 100,9 do 172 mg K;
  - od 107 do 199 mg Na;
  - od 8,6 do 14,3 mg Mg;
  - od 7,9 do 21,6 mg P;
  - od 4,2 do 16,9 mg Ca;
  - od 0,03 do 0,08 mg Zn;
  - od 0,01 do 0,05 mg Cu;
  - od 0,09 do 0,38 mg Fe.

- Koncentracija elementov v rumenjakih (vse na 100 g svežega vzorca):
  - od 103 do 132 mg K;
  - od 49,7 do 65,3 mg Na;
  - od 10,7 do 15,9 mg Mg;
  - od 458 do 633 mg P;
  - od 123 do 165 mg Ca;
  - od 3,1 do 4,7 mg Zn;
  - od 0,02 do 0,8 mg Cu;
  - od 4,6 do 15,5 mg Fe.

V beljakih iz baterijske reje Kmetijske zadruga Trbovlje so ugotovili največjo vsebnost magnezija in železa, v beljakih jajc iz baterijske reje Jate Emone pa je bilo največ fosforja, kalcija in bakra. Največ natrija je bilo v beljakih jajc iz talne reje Kmetijske zadruga Trbovlje. Najbogatejši s cinkom pa so bili beljaki jajc iz talne reje Pivke perutninarstva d. d. (Poljanšek, 2002).

Največjo vsebnost kalija, natrija in cinka so ugotovili v rumenjakih iz talne reje Kmetijske zadruga Trbovlje. Največ železa in magnezija pa je bilo v rumenjakih talne reje Pivke perutninarstva d. d. Rumenjaki baterijske reje Jate Emone pa so bili najbogatejši s kalcijem (Poljanšek, 2002).

Preglednica 3 prikazuje vsebnost elementov v jajcih iz kmečke (Mihalič in Kuhelj, 1998) in farmske reje (Poljanšek, 2002). Vidimo, da je bilo v beljakih jajc iz farmske reje več kalija in kalcija, manj pa natrija, magnezija, fosforja in cinka. V rumenjakih jajc farmske reje so bile večje vsebnosti kalija, natrija, fosforja, kalcija in cinka, manj pa je bilo magnezija.

Preglednica 3: Vsebnosti elementov v vzorcih beljakov in rumenjakov iz kmečke in farmske reje (v mg/100 g vzorca)

Elementi	Beljak		Rumenjak	
	Kmečka reja (Mihalič in Kuhelj, 1998)	Farmska reja (Poljanšek, 2002)	Kmečka reja (Mihalič in Kuhelj, 1998)	Farmska reja (Poljanšek, 2002)
	$x \pm SD (24)^{**}$	$x \pm SD (24)^{**}$	$x \pm SD (24)^{**}$	$x \pm SD (24)^{**}$
<b>K</b>	133,8 ± 24,9	161,4 ± 14,1	109,2 ± 16,4	117,4 ± 7,61
<b>Na</b>	191,1 ± 20,4	175,9 ± 18,4	56,0 ± 6,9	57,3 ± 4,85
<b>Mg</b>	13,8 ± 2,9	12,2 ± 1,3	14,6 ± 1,7	13,2 ± 1,22
<b>P</b>	15,2 ± 6,1	14,0 ± 3,4	477,8 ± 53,1	519,9 ± 38,28
<b>Ca</b>	7,8 ± 2,2	9,2 ± 3,6	138,5 ± 42,9	144,8 ± 9,92
<b>Zn</b>	0,06 ± 0,03 (22)**	0,04 ± 0,01	3,6 ± 0,4	4,0 ± 0,29

SD – standardna deviacija, ( )\*\* - število vzorcev,

Tumpej (2000) je želela ugotoviti vsebnost selena in joda v jajcih (rhode island red, prelux-R, prelux-G) iz kmečke reje, ki so se pasle in bile krmljene z doma pridelano krmo. Koncentracijo selena in joda so določali z nevtronsko aktivacijsko analizo v njeni radiokemični obliki. Vsebnost selena in joda v sveži snovi rumenjakov je bila večja kot v sveži snovi beljakov. Preglednica 4 prikazuje primerjavo med vsebnostmi selena in joda v svežih vzorcih ( $\mu\text{g/g}$ ) beljakov in rumenjakov kokoši iz proste in baterijske reje. Večje razlike med prosto in baterijsko rejo so razvidne predvsem pri povprečnih vsebnostih joda. Povprečne vsebnosti joda in selena v beljakih oziroma rumenjkih kokoši iz proste reje so precej manjše od povprečnih vrednosti joda in selena, dobljenih pri kokoših iz baterijskega načina reje.

Preglednica 4: Primerjava med povprečnimi vsebnostmi selena in joda v svežih vzorcih (ng/g) beljakov in rumenjakov kokoši iz proste in baterijske reje (Tumpej, 2000: 48)

		POVPREČNA VSEBNOST (µg/g)			
		SELEN		JOD	
		BELJAK	RUMENJAK	BELJAK	RUMENJAK
<b>Prosta reja</b>	Tumpej (2000)	43,3±11,5 (24)'	147,3±45,5 (24)'	6,7±2,2 (21)'	114,0±20,7 (24)'
<b>Baterijska reja</b>	*Vadnjal (1996)	80,3±17,4 (2)'	321,5±24,5 (2)'	37,5±3,9 (2)'	740,5±21,8 (2)'
	**Savski (1999)	98,1±10,3 (18)'	506,2±61,8 (18)'	7,5±2,0 (18)'	268,0±42,3 (18)'

()'– skupno število vzorcev

\* – krma je vsebovala 0,221 µg selena na g in 0,663 µg joda na g

\*\* – krma je vsebovala 0,258 µg selena na g in 0,179 µg joda na g

### 3.3.2 Vsebnost težkih kovin v jajcih iz različnih rej

Bizjak (1992) je za proučitev vsebnosti težkih kovin v jajcih iz različnih rej, uporabila jajca iz kmečke (kjer so pasli in krmili kokoši z doma pridelano krmo) in farmske reje. Vzorce jajc iz kmečke reje so vzeli :

- v Slivnici pri Mariboru: tu so poleg domačih žit kokoši krmili tudi s kuhinjskimi ostanki;
- na Brezovici pri Ljubljani: tu so krmili kokoši s pšenico in koruzo, ki je bila škropljena s herbicidom;
- na Ravnah na pri Šoštanju: ta kmetija se nahaja v bližini termoelektrarne in tudi tu so uporabili za krmljenje kokoši doma pridelano koruzo in pšenico.

Vzorce iz farmske reje so vzeli:

- na obratu Prevoje (Biotehniška fakulteta, Oddelek za živinorejo): tu so redili kokoši v kurnici z okni, za krmljenje so uporabili popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NS-K krmilo), kokoši so redili v baterijski reji;
- na farmi Duplica (Jata) so redili kokoši v kurnici brez oken, za krmljenje so uporabili popolno krmno mešanico za kokoši nesnice (NS-K krmilo), kokoši so redili v baterijski reji;

- na kooperacijski reji Perutninskega kombinata »Pivka« z Godoviča: kokoši so redili v kurnici z okni, globokem nastilu (žagovini), za krmljenje so uporabili popolno krmno mešanico (NS-K krmilo).

Vsa jajca so na kmetijah in farmah vzeli dan pred analizo. Iz vsakega vzorčevalnega mesta so vzeli 9 jajc. Vzorce beljakov in rumenjakov so liofilizirali do konstantne mase. Vsebnost svinca in kadmija so določali z atomsko absorpcijsko spektrometrijo, živo srebro z atomsko absorpcijsko spektrometrijo hladnih par in arzen z nevtronsko aktivacijsko analizo (Bizjak, 1992).

Vsebnost arzena v jajcih iz kmečkih in farmskih rej ni presegala maksimalne dovoljene koncentracije, ki je predpisana za našo državo (100 ng arzena na g jajčne vsebine). V vseh vzorcih je bila povprečna koncentracija arzena 3,9 ng/g jajčne vsebine (preglednica 5). Koncentracija arzena v jajcih iz kmečke reje se je gibala v območju od 2,7 do 8,8 ng/g, s povprečno vrednostjo 4,7 ng/g. Koncentracija arzena v jajcih iz farmske reje se je gibala v območju od 1,7 do 5,2 ng/g, s povprečno vrednostjo 3,2 ng/g (Bizjak, 1992).

Bizjak (1992) je ugotovila, da so vrednosti za kadmij v vseh jajcih presegala maksimalno dovoljeno koncentracijo (5 ng/g jajčne vsebine), ki je predpisana za našo državo (preglednica 5). Povprečna koncentracija kadmija v vseh analiziranih vzorcih je bila 10 ng/g. Jajca iz kmečke reje so v povprečju vsebovala 11,3 ng kadmija na in jajca iz farmske reje 9 ng kadmija na g.

V vseh analiziranih jajcih vsebnost živega srebra v jajčni vsebini ni presegala maksimalne dovoljene koncentracije, ki je predpisana (50 ng/g) ( preglednica 5). Koncentracija živega srebra v jajcih iz kmečke reje se je gibala v območju od 2,0 do 9,0 ng/g, s povprečno vrednostjo 4,6 ng/g. Koncentracija živega srebra v jajcih iz farmske reje se je gibala v območju od 0,5 do 5,1 ng/g, s povprečno vrednostjo 2,4 ng/g (Bizjak, 1992).

Bizjak (1992) navaja, da so za določanje koncentracij svinca v vzorcih uporabili premalo občutljivo metodo, da bi lahko določili vrednosti za svinec pod 50 ng/g vzorca. Pravi tudi, da v vseh analiziranih jajcih vsebnost svinca v jajčni vsebini ni presegala maksimalne

dovoljene koncentracije, ki velja v naši državi (250 ng/g) (preglednica 5).

Preglednica 5: Vsebnosti arzena, kadmija, živega srebra, svınca v jajcih (ng/g jajčne vsebine) (Bizjak, 1992: 43)

	<b>As (ng/g)</b>	<b>Cd (ng/g)</b>	<b>Hg (ng/g)</b>	<b>Pb (ng/g)</b>
<b>Duplica</b>	1,7	5,5	0,5	/
	2,5	6,2	0,5	/
	2,3	5,9	0,6	/
<b>Povprečje</b>	2,2	5,9	0,5	
<b>Godovič</b>	4,5	13,5	2,1	/
	5,2	15,5	1,9	23,1
	3,7	15,3	1,9	/
<b>Povprečje</b>	4,5	14,8	2,0	
<b>Prevoje</b>	3,0	5,8	4,2	/
	1,7	6,9	4,5	/
	2,7	6,2	5,1	/
<b>Povprečje</b>	2,5	6,3	4,6	
<b>Brezovica</b>	3,2	13,7	8,1	64,4
	2,9	12,8	6,8	75,4
	4,8	13,5	9,0	/
<b>Povprečje</b>	3,6	13,3	8,0	
<b>Slivnica</b>	2,9	8,1	3,1	21,3
	2,7	6,5	3,3	27,9
	3,9	7,3	3,1	/
<b>Povprečje</b>	3,32	7,3	3,2	
<b>Šoštanj</b>	6,6	9,1	2,0	/
	6,9	17,6	2,6	/
	8,8	12,9	3,8	/
<b>Povprečje</b>	7,4	13,2	2,8	/
<b>Povp.vseh vzorcev</b>	3,9	10,1	3,5	/
<b>MDK*</b>	100	5	50	250

MDK\* - maksimalna dovoljena koncentracija elementa v jajčni vsebini (ng/g)

### 3.3.3 Vpliv različnih koncentracij arzena v krmi za kokoši nesnice na njegovo porezdelitev v jajcih

Namen poizkusa, ki ga je izvajala Knez (1995) je bil ugotoviti vpliv različnih koncentracij arzena v krmi za kokoši nesnice na njegove koncentracije v jajčnem beljaku in rumenjaku in vpliv arzena na fizikalne lastnosti jajc. V poizkus je bilo vključenih 24 kokoši nesnic pasme rhode island red, ki so jih razdelili v tri poizkusne skupine, ki so 19 dni prejemale 7,5 (prva skupina), 15,0 (druga skupina) ter 30,0 (tretja skupina) mg arzena (v obliki  $As_2O_3$ ) v kg krme ter kontrolno skupino, ki je prejemale krmo brez dodanega arzena. Koncentracijo arzena v vzorcih jajc so določali z nevtronsko aktivacijsko analizo.

Rezultati poizkusa Knez (1995) so pokazali naslednje:

- Dodajanje arzena v krmo je povzročilo zvišanje gostega beljaka in povečanje števila HE v primerjavi z jajci kontrolne skupine. To povečanje je bilo v tretji skupini statistično zelo značilno.
- Dodatek 7,5 mg arzena na kg je statistično značilno ( $P = 0,0042$ ) povečal maso jajc, dodatek 15,0 mg arzena na kg pa jo je statistično neznačilno zmanjšal, kokoši tretje skupine pa so nesle jajca, ki so bila statistično zelo značilno težja od jajc kontrolne skupine.
- Neznačilno težje in debelejšje lupine so imela jajca iz prve skupine, jajca druge skupine pa značilno lažja kot jajca kontrolne skupine. Enaka kontrolni skupini pa je bila povprečna masa lupin jajc iz tretje skupine.
- Vpliv koncentracije arzena na barvo rumenjaka je bil pri prvi skupini blizu statistične značilnosti ( $P = 0,0601$ ), medtem ko je 15,0 mg arzena na kg statistično zmanjšalo njeno intenzivnost, najvišja koncentracija (30,0 mg arzena na kg) pa ni povzročila spremembe barve rumenjaka.
- Koncentracija arzena v krmi je statistično zelo značilno vplivala na njegovo koncentracijo v beljaki in rumenjaki, koncentracija arzena v vzorcih se je povečevala skoraj linearno z naraščanjem koncentracije v krmi.
- V suhi snovi beljakov je bila koncentracija arzena statistično zelo značilno višja kot v suhi snovi rumenjakov, medtem ko so bile koncentracije arzena v svežih vzorcih

rumenjakov višje kot v svežih vzorcih beljakov.

### **3.3.4 Porezdelitev selena in joda v jajcih kokoši, krmljenih s krmo z dodanim arzenom**

Na osnovi poizkusa, ki ga je izvajala Knez (1995), je Vadnjal (1996) ugotavljal porezdelitev selena in joda v jajcih kokoši (rhode island red) krmljenih s krmo, ki je vsebovala 39,6  $\mu\text{g As}_2\text{O}_3$  na g (kar usterza 30,0  $\mu\text{g}$  arzena na kg krme – tretja poizkusna skupina pri Knez (1995)). Ugotovili so, da je bila koncentracija selena (v tem poizkusu tudi joda) v suhi snovi rumenjakov višja kot v suhi snovi beljakov. Za določanje selena in joda v vzorcih so uporabili nevtronsko aktivacijsko analizo. Koncentracija selena v suhi snovi rumenjaka je bila statistično značilno ( $P = 0,0001$ ) povezana s koncentracijo arzena v suhi snovi rumenjaka. Povezava med koncentracijo joda in koncentracijo arzena v suhi snovi rumenjaka je bila statistično značilna ( $P = 0,011$ ). Suha snov beljaka je vsebovala več selena kot joda, ravno obratno kot pri rumenjaku.

## **3.4 VSEBNOST HOLESTEROLA V JAJCIH**

### **3.4.1 Vpliv genotipa in načina reje na vsebnost holesterola v jajcih**

Simčič (2003) je določala vsebnost holesterola v jajcih slovenske avtohtone pasme štajerske kokoši jerebičastega tipa in komercialne križanke isa brown. Navaja, da je pet rejcev redilo jerebičasto štajersko kokoš, trije pa provenienco isa brown. Starost kokoši je bila različna. Vseljene so bile v dveh sistemih reje, v baterijski reji in v kurnicah z izpusti. Vzorce so jemali v novembra, januarja, marca, junija in jih Simčič (2003) obravnava kot štiri letne čase. Med vzorčenji je bila časovna razlika približno deset tednov. Na vsebnost holesterola v jajcu je statistično značilno vplival le genotip. Razlika med genotipoma je statistično zelo značilna ( $P < 0,0001$ ). Minimalno večja vsebnost holesterola je bila ugotovljena v jajcih kokoši iz reje v kurnicah z izpusti.

V preglednicah 6 in 7 so zbrane ocene srednjih vrednosti in razlike med genotipoma in



ocene srednjih vrednosti in razlik med načinoma reje ter rezultati vsebnosti holesterola glede na sezono (jesen, zima, pomlad, poletje).

Preglednica 6: Ocene srednjih vrednosti in razlik med genotipoma in med načinoma reje (Simčič, 2003: 42-43)

<b>Genotip</b>	<i>Štajerska kokoš</i>	<i>Isa brown</i>	<b>Način reje</b>	<i>Baterijska reja</i>	<i>Kurnica z izpustom</i>
<b>LSM ± SE</b>	13,34 ± 0,22	11,59 ± 0,26	<b>LSM ± SE</b>	12,24 ± 0,31	12,69 ± 0,19
<b>Razlika ± SE</b>	1,75 ± 0,32		<b>Razlika ± SE</b>	- 0,44 ± 0,35	
<b>P - vrednost</b>	<0,0001		<b>P - vrednost</b>	0,2185	

LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene

Preglednica 7: Osnovni statistični parametri za vsebnost holesterola (mg/g rumenjaka) glede na sezono v jajcih štajerske (ŠK) in isa brown kokoši (IBK) (Simčič, 2003: 40-41)

<b>Sezona</b>	<b>Število vzorcev – genotip kokoši</b>	<b>Srednja vrednost</b>	<b>Standardni odklon</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>Jesen</b>	3 - ŠK	13,44	0,63	12,79	14,41
	3 - IBK	11,83	0,98	10,79	13,05
<b>Zima</b>	5 - ŠK	12,93	1,34	11,19	15,54
	3 - IBK	11,49	0,23	11,28	11,82
<b>Pomlad</b>	5 - ŠK	13,95	1,69	11,99	16,93
	3 - IBK	11,77	0,63	10,90	12,49
<b>Poletje</b>	4 - ŠK	13,52	/	/	/
	1 - IBK	11,51	/	/	/

Jajca kokoši isa brown so vsebovala največ holesterola jeseni (11,83 mg/g rumenjaka), jajca štajerskih kokoši pa v času pomladnega zbiranja (13,95 mg/g rumenjaka).

Intihar (2006) je proučevala vpliv genotipa na vsebnost holesterola v jajcih enako starih kokoši, krmljenih z enako krmno mešanico. Želeli so ugotoviti razliko v vsebnosti holesterola med linijama D(+), D(-) (že 31 let sta generaciji selekcionirani na večjo in manjšo telesno maso – posledica te selekcije sta lahki in težki tip kokoši) in slovensko pitovno kokošjo (slovenska tradicionalna pasma kokoši - na Oddelku za zootehniko

Biotehniške fakultete je vključena v selekcijsko shemo pridobivanja pitovnih piščancev prelux-bro kot moška linija). Vebnost holesterola so določali z encimsko-spektrofotometrično metodo. Ugotovili so, da genotip značilno vpliva na vsebnost holesterola v jajcih ( $P \leq 0,0001$ ). V jajcih slovenske pitovne kokoši so določili  $16,93 \pm 1,14$  mg holesterola na g svežega rumenjaka, jajca linije D(+) so vsebovala  $16,05 \pm 1,27$  mg holesterola na g svežega rumenjaka, najmanjšo vsebnost holesterola pa so določili pri kokoših linije D(-), to je  $13,73 \pm 0,94$  mg holesterola na g svežega rumenjaka.

### **3.4.2 Vpliv beta agonista na vsebnost holesterola v jajcih**

Beta agonisti močno vplivajo na presnovo ogljikovih hidratov, lipidov in beljakovin. Imajo dvojni učinek: zavirajo katabolizem beljakovin in pospešujejo sintezo le-teh ter delujejo lipolitično. Zaradi katabolnega učinka beta agonista na maščobe je Arhovo (1995) zanimalo, ali se beta agonist vpleta v metabolizem lipoproteinov, ki prinašajo holesterol v jajčni rumenjaki in s tem v zvezi vplivajo na vsebnost holesterola v jajcih. V poizkus so vključili 20 kokoši prelux-G z dobro nesnostjo. Živali so razdelili v kontrolno in poizkusno skupino. Kokošim v poizkusni skupini so vsak dan aplicirali eno tabletko beta agonista salbutamol sulfata z 2 mg aktivne substance. Od vsake nesnice so zbrali po devet jajc, rumenjake pa so zbrali iz treh zaporedno znesenih jajc in jih liofilizirali ter zmleli. Iz tako pripravljenih vzorcev so pripravili filtrate (umiljenje maščob). Ugotovili so, da je beta agonist salbutamol statistično značilno zvišal koncentracijo holesterola le pri masah rumenjaka od 13,30 do 16,60 g, pri lažjih in težjih rumenjakih pa vpliva niso zaznali. Vpliv zaporedja treh jajc na vsebnost holesterola v rumenjakih ni bil statistično značilen, z razliko od statistično značilnega vpliva kokoši v skupini ( $P = 0,0003$ ).

## **3.5 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA JAJC**

### **3.5.1 Vpliv genotipa in načina reje na maščobnokislinsko sestavo jajc**

Volčanšek (2004) je določala maščobnokislinsko sestavo jajc slovenske avtohtone pasme štajerske kokoši jerebičastega tipa in komercialne križanke isa brown. Starost živali je bila

različna. Kokoši so bile vseljene v dveh sistemih reje, v kurnicah z izpusti in v baterijski reji. Jajca so vzorčili v štirih letnih časih. Maščobnokislinsko sestavo so določali s plinsko kromatografijo. Rumenjaki jajc isa brown kokoši so vsebovali več celokupnih maščob (612,6 g iz baterijske reje in 616,5 g celokupnih maščob/kg rumenjaka iz reje v kurnici z izpustom) kot rumenjaki jajc štajerske kokoši (604,4 g iz baterijske reje in 606,9 g celokupnih maščob na kg rumenjaka iz reje v kurnici z izpustom). Ne glede na način reje je bila vsebnost nekaterih esencialnih maščobnih kislin ( $\alpha$ -linolenska, EPK, DHK, arahidonska) značilno večja v jajcih štajerske kokoši, vsebnost nasičenih maščobnih kislin (palmitinska) pa je bila manjša v jajcih štajerske kokoši kot v jajcih isa brown kokoši. V jajcih kokoši obeh genotipov iz reje v kurnici z izpustom so določili večjo vsebnost stearinske kisline,  $\alpha$ -linolenske, dokozapentaenojske, DHK, večjo vsebnost n-3 maščobnih kislin kot n-6 maščobnih kislin, v primerjavi z baterijsko rejo.

### 3.6 OBOGATENA JAJCA Z n-3 MAŠČOBNIMI KISLINAMI, VITAMINOM E IN NEKATERIMI ELEMENTI

Zdravec (1999) je v poizkusu ugotavljala, ali lahko spremenijo maščobnokislinsko sestavo rumenjaka s krmljenjem obogatene krme (z vključevanjem omega-3 pripravka), kako se maščobnokislinska sestava rumenjakov spreminja s trajanjem poizkusa, ali se delež omega-3 maščobnih kislin v rumenjaku povečuje glede na dodano količino omega-3 pripravka. V poizkus je bilo vključenih 24 kokoši provenience isa brown. Razdelili so jih v štiri skupine. Pripravili so osnovno krmno mešanico in v njo dodajali različne količine ekstra sončničnega olja (olja GEA) in omega-3 pripravka. Prvi skupini so dodali 5 % olja GEA (56 dni), drugi 4% olja GEA in 1 % omega pripravka, tretji 3 % olja GEA in 2 % omega-3 pripravka ter četrti 5 % omega-3 pripravka (42 dni). Zadnjih 14 dni poizkusa so dobivale vse kokoši enako krmno mešanico s 5 % olja GEA. Maščobnokislinsko sestavo so določali s plinsko kromatografijo.

Ugotovili so, da je koncentracija omega pripravka v krmi statistično značilno vplivala na povečan delež omega-3 maščobnih kislin, skupnih večkrat nenasičenih maščobnih kislin (predvsem povečan delež  $\alpha$ -linolenske in dokozaheksaenojske kisline) v rumenjakih ter

nekaterih nasičenih maščobnih kislin (palmitinska in stearinska kislina). Vplivala je tudi na upadanje deleža enkrat nenasičenih maščobnih kislin (oleinska in palmitoleinska + palmitoelaidinska kislina) in na zoženje razmerja med  $\Sigma$  omega-6 in  $\Sigma$  omega-3 maščobnimi kislinami ter razmerja med  $\Sigma$  omega-6 in  $\Sigma$  omega-3 dolgoverižnimi maščobnimi kislinami, od 9. do 42. dne poizkusa. Koncentracija omega-3 pripravka in olja GEA je imela statistično značilen vpliv na povečanje mase jajc, rumenjakov in beljakov. Delež n-3 maščobnih kislin v rumenjakih se je s trajanjem poizkusa statistično značilno povečeval od 1. do 6. dne poizkusa in statistično značilno zmanjševal od 45. do 56. dne poizkusa. Povečevanje deleža n-3 maščobnih kislin v rumenjaku je bilo hitrejše kot zmanjševanje deleža n-3 maščobnih kislin (Zadravec 1999).

Namen poizkusa, ki ga je izvajala Savski (1999) je bil preizkusiti, kako sočasen dodatek n-3 maščobnih kislin, vitamina E, cinka, joda in selena vpliva na koncentracijo teh pomembnih hranljivih snovi v jajcu, oziroma, če je z navedenimi dodatki mogoče hranilno vrednost jajca še izboljšati. V poizkus je bilo vključenih 24 kokoši isa brown, ki so jih naključno razdelili v štiri skupine in jih krmili z različnimi krmnimi mešanici. Prva skupina, kontrolna, je dobivala krmo z 2,4 % sončničnega olja, sicer pa enake sestave, brez dodatka n-3 maščobnih kislin in z običajnimi koncentracijami drugih hranil. Druga, tretja in četrta skupina so dobivale namesto sončničnega olja prav toliko olja bogatega z n-3 maščobnimi kislinami v obliki industrijsko pripravljenega suhega pripravka. Prva, druga in tretja skupina so dobivale dodatek 11 mg vitamina E. Prva in druga skupina sta dobili po 30 mg cinka na kg krme kot  $ZnSO_4$ , tretja 30 mg cinka na kg krme kot cink-metionin, četrta pa 80 mg v obliki cink-metionina. Prva, druga in tretja skupina so dobile 0,03 mg I v obliki KI, četrta pa 0,80 mg I na kg v obliki KI. Prve tri skupine so dobivale 0,750 mg na kg krme selena s premiksom, četrti pa so poleg 0,750 mg selena s premiksom dodali še 0,025 mg selena z dodatkom kot Bioselen (kvas bogat s selenom). Tako je le četrta skupina kokoši dobivala krmo obogateno z vsemi hranili, katerih koncentracijo v jajcih so želeli povečati. V času poizkusa so spremljali zauživanje krme, nesnost in spremembe telesne mase pri kokoših. Po petnajstih dneh so začeli zbirati jajca za analizo. Zbirali so jih tako dolgo, dokler niso zbrali od vsake kokoši po šest jajc. Stehtali so maso jajc, beljakov in rumenjakov. Vzorec za analizo je bil sestavljen iz šestih rumenjakov, oziroma beljakov jajc

iste kokoši. Rumenjake in beljake so homogenizirali, zamrznili in nato liofilizirali (sušenje pri nizki temperaturi in nizkem tlaku). Vitamin E in A v liofiliziranih vzorcih jajčnih rumenjakov so določili s tekočinsko kromatografsko - HPLC metodo. V rumenjaku in beljaku so določali cink s pomočjo atomske absorpcijske spektrometrije. Jod v jajčnih beljakih in rumenjakih so določili z radiokemijsko nevtronsko aktivacijsko metodo.

Savski (1999) je v svojem poizkusu dodajala v krmo kokošim n-3 maščobne kisline, vitamin E, cink, jod in selen in s tem poskušala povečati hranilno vrednost, oziroma vsebnost teh snovi v jajčni vsebini. Rezultati so bili naslednji:

- Četrta skupina, ki je imela za razliko od kontrolne skupine povečano koncentracijo vitamina E, cinka, joda in selen, je kazala statistično značilno manjšo povprečno dnevno zneseno jajčno maso.
- Pri vseh treh skupinah, ki so dobivale krmo obogateno z n-3 maščobnimi kislinami, se je spremenila maščobnokislinska sestava jajčnih lipidov enako, ne glede na ostale dodatke (vitamin E, cink, jod, selen). Nekoliko se je povečal delež nasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin ter zmanjšal delež enkrat nenasičenih maščobnih kislin glede na kontrolno skupino. Močno, kar petkrat, pa se je povečal delež skupnih n-3 maščobnih kislin.
- Najbolj se je vpliv maščobnega dodatka pokazal na povečanju deleža dolgoveržnih n-3 maščobnih kislin, predvsem eikozapentanojske (20:5 n-3) in še bolj dokozaheksaenojske (21:6 n-3) kisline.
- S povečanjem dodatka vitamina E v krmo z 11 na 200 mg na kg krme, se je koncentracija vitamina E v jajčnem rumenjaku povečala z 18,94 na 42,39 mg na 100 g jajčnega rumenjaka, oziroma s 3,25 na 7,3 mg vitamina E na jedilno 60 g jajce. Pri osemnajstkratnem povečanju vitamina E v krmi, se je koncentracija vitamina E v jajcu povečala za 2,2 krat.
- Nalaganje cinka v jajcih se ni povečalo, če so pri običajni ravni suplementiranja namesto 30 mg cinka v obliki cinkovega sulfata uporabili 30 mg cinka v obliki cink-metionina. Koncentracija cinka v jajcih se ni povečala niti, če so povečali dodatek cinka v obliki cink-metionina s 30 na 80 mg na kg krme.
- Z dodatkom joda v krmo za nesnice je mogoče koncentracijo joda v jajcih zelo

učinkovito povečati. S povečanjem dodatka joda s 30 na 800 µg, se je povečala koncentracija joda z 28,0 na 118,0 µg na 100 g svežega rumenjaka in v jajčnem beljaku z 0,73 na 3,8 µg a 100 g beljaka. Preračunano na užitni del enega 60 g jajca se je z obogatitvijo krme koncentracija joda poveča s 5,5 na 23,3 µg na eno jajce.

- Koncentracija selena v jajcih, se z ravni kontrolne skupine po 12,5 % povečanju dodatka selena v krmo, ni povečala.

### 3.7 VSEBNOST HRANIL IN SENZORIČNA ANALIZA NAVADNIH IN OMEGA JAJC PRIPRAVLJENIH NA RAZLIČNE NAČINE

Toth (2000) je v svojem poizkusu primerjala sestavo 32 navadnih in 32 omega jajc, ki so jih pripravili na štiri različne načine (po 4 navadna surova jajca, 4 navadna mehko kuhana jajca, 4 navadna trdo kuhana jajca in 4 navadna pečena jajca). Na enak način so pripravili tudi omega jajca (uporabili so omega jajca iz Jata Emona d.d.). Enake analize so opravili tudi na en mesec starih navadnih in omega jajcih, prav tako pripravljenih na štiri načine. Za vsako jajce posebej so določili vsebnost pepela, vode, beljakovin, maščob, suhe snovi. Opravili so tudi senzorično analizo, da bi ugotovili ali se navadna in omega jajca razlikujejo v senzoričnih lastnostih. Vsi vzorci so bili analizirani pod enakimi pogoji. Vsebnost pepela so določili z žarjenjem vzorca v žarilni peči pri temperaturi 550 °C, vsebnost vode s sušenjem vzorca pri temperaturi 105 °C do konstantne mase, vsebnost maščobe z metodo po Soxhletu ter vsebnost beljakovin z metodo po Kjeldahlu. Senzorično analizo so izvedli s pomočjo razširjenega triangel testa.

Na podlagi rezultatov kemijskih analiz 32 vzorcev navadnih in 32 vzorcev omega jajc je Toth (2000) prišla do naslednjih sklepov:

- Razlik v vsebnosti pepela, vode, in maščob med navadnimi in omega jajci praktično ni bilo; le vsebnost beljakovin je bila v navadnih jajcih povprečno 0,32 g/100 g večja kot v omega jajcih. Torej dodatek n-3 maščobnih kislin v krmo kokoši ni vplival na kemijske parametre jajc.
- Povprečna vsebnost pepela v navadnih jajcih je bila 0,94 g/100 g surovega vzorca in v omega jajcih 0,96 g/100 g surovega vzorca. Na vsebnost pepela v navadnih in

omega jajc sta značilno vplivala starost jajc in način priprave.

- Povprečna vsebnost vode je znašala 75,74 g/100 g surovega vzorca v navadnih in omega jajc, kar pomeni, da se obravnavani skupini med seboj nista razlikovali. Starost jajc in način priprave jajc obeh skupin sta značilno vplivala na vsebnost vode.
- Vsebnost beljakovin v navadnih jajc je znašala 13,26 g/100 g surovega vzorca, v omega jajc pa 12,94 g/100 g surovega vzorca. Starost je značilno vplivala na vsebnost beljakovin v omega jajc in ne v navadnih jajc. Način priprave pa je v obeh poskusnih skupinah jajc značilno vplival na vsebnost beljakovin. Povprečna vsebnost beljakovin v suhi snovi je bila 53,87 g/100 g suhe snovi, pri omega jajc pa 52,79 g/100 g suhe snovi.
- Vsebnost maščob v vzorcih navadnih jajc je v povprečju znašala 9,10 g/100 g surovega vzorca, v vzorcih omega jajc pa 9,08 g/100 g surovega vzorca. Na vsebnost maščob v obeh skupinah jajc nista vplivala niti starost jajc niti način priprave. Maščob v suhi snovi je bilo v povprečju pri navadnih jajc 36,97 g/100 g suhe snovi, pri omega jajc pa 37,06 g/100 g suhe snovi.
- Rezultati senzoričnega ocenjevanja so pokazali, da se pri svežih mehko kuhanih in starih trdo kuhanih jajc razlike med navadnimi in omega jajci zaznajo, medtem, ko pa teh razlik ni možno zaznati pri ostalih načinih priprave jajc.

Poleg tega, da so omega jajca primernejša za varovalno prehrano ljudi, saj imajo spremenjeno sestavo maščobnih kislin - vsebujejo več večkrat nenasičenih maščobnih kislin, so tudi senzorično sprejemljiva.

## 4 SKLEPI

Na podlagi pregleda literature slovenskih raziskav lahko povzamemo naslednje bistvene sklepe o vplivih nekaterih preiskovanih dejavnikov na fizikalne, senzorične lastnosti ter prehranske vrednosti jajc:

- Glavni dejavnik, ki vpliva na vse fizikalne lastnosti jajc je pasma kokoši (Slokan, 2003).
- Letni čas vpliva na maso jajca. Pozimi imajo jajca višji beljak in HE, lupina je debelejša (Kavc, 1990; Zajec, 1995). Z izbiro proizvajalca variirajo: barva rumenjaka, višina beljaka, HE ter debelina lupine (Kavc, 1990; Zajec, 1995).
- Način reje (ekološka, baterijska) vpliva skoraj na vse fizikalne lastnosti jajc. Jajca iz ekološke reje imajo višji gosti beljak, so lažja, imajo večjo vrednost HE, lupina je svetlejša in lažja, prav tako je svetlejši rumenjak ter imajo manj krvnih in mesnih peg (Slokan, 2003; Drev, 2004).
- Pri proučevanju kako dvosmerna selekcija na telesno maso kokoši vpliva na fizikalne lastnosti jajc je bilo ugotovljeno, da so jajca težjih kokoši v povprečju težja, imajo višji beljak, večjo prisotnost peg, večjo vrednost HE, intenzivnejšo barvo rumenjaka, temnejšo barvo lupine in tanjšo lupino (Bevc, 1992).
- Študije vpliva dodatkov v krmo so pokazale, da je posledica beta agonistov v krmi tanjša in temnejša lupina, lahko pa vplivajo tudi na maso jajca in jajčne lupine, višino gostega beljaka, vrednost HE (Terčič, 1993). Dodatki glutamina in prebiotikov v krmo povečajo delež poškodovanih jajc, poveča se tudi mozoljavost lupine (Frankič, 2003).
- Jajca iz baterijske reje imajo boljše senzorične lastnosti kot jajca iz pašne reje in sicer pri naslednjih lastnostih: vonj surovega jajca, konzistenco beljaka in rumenjaka surovega jajca, enakomernost barve in barvo rumenjaka kuhanega jajca. (Slokan, 2003).
- Proučevanja vsebnosti elementov v jajcih so pokazala, da genotip, krma in način reje vplivajo na mineralno sestavo jajc (Mihalič in Kuhelj, 1998; Poljanšek, 2002). Način reje (kmečka, farmska) ne vpliva neposredno na vsebnost težkih kovin v jajcih. Vsebnost težkih kovin (arzen, kadmij, živo srebro, svinec) v jajcih je bolj



funkcija okolja – onesnažena krma, zrak, voda (Bizjak, 1992; Knez, 1995). Študije z arzenom so pokazale, da večja vsebnost arzena v krmi vpliva na: višino gostega beljaka, število HE in maso jajca. Posledica dodajanja arzena v krmo se odraža s povečanjem vsebnosti le – tega v beljaku in rumenjaku (Knez, 1995). Vsebnost selena in joda v sveži snovi rumenjakov je večja kot v sveži snovi beljakov (Tumpej, 2000). Prisotnost arzena v krmi vpliva tudi na porazdelitev joda in selena v jajcu (Vadnjak, 1996).

- Študije glede holesterola so pokazale, da ima znaten vpliv na vsebnost le-tega v jajcih genotip (Simčič, 2003; Intihar, 2006), ni pa vsebnost odvisna niti od letnega časa niti od načina reje (Intihar, 2006).
- Glede maščobnokislinske sestave je bilo ugotovljeno, da na sestavo vplivata genotip in način reje (Volčanšek, 2004).
- Z dodajanjem n-3 maščobnih kislin v krmo, se poveča delež n-3 maščobnih kislin v jajcu (Zadravec, 1999; Savski, 1999). Dodajanje n-3 maščobnih kislin v krmo skupaj s sončničnim oljem pa vpliva na maso jaca, rumenjaka in beljaka (Zadravec, 1999). Dodajanje vitamina E v krmo vpliva na večjo vsebnost vitamina v jajcu. Dodajanje joda v krmo vpliva na večjo vsebnost joda v jajcu (Savski, 1999).
- Način priprave omega in navadnih jajc vpliva na vsebnost beljakovin pri obeh tipih jajc. V povprečju imajo navadna jajca višjo vsebnost beljakovin, razlika pa je največja pri mehko kuhanih jajcih. Razlike so statistično značilne le pri vsebnosti beljakovin v jajcu, pri določitvi vsebnosti beljakovin v suhi snovi, pa teh razlik ni. Pri nekaterih načinih priprave se omega jajca razlikujejo po senzoričnih lastnostih od navadnih jajc. (Toth, 2000).

## 5 POVZETEK

Namen diplomske naloge je bil povzeti rezultate dosedanjih raziskav o kakovosti jajc v Sloveniji.

Namen raziskovanja na tem področju je večinoma vezan na kakovost jajc in ekonomičnost priraje (število znesenih jajc in njihovo maso). Vplive na kakovost jajc se največkrat proučuje z dodatki v krmo, pogoste so tudi primerjave jajc različnih pasem oz. genotipov, različnih sistemov rej, letnih časov ter različnih proizvajalcev.

Na fizikalne lastnosti jajc vplivajo številni parametri. Letni čas vpliva na maso jajc, višino beljaka, HE in kakovost lupine.

Rejec vpliva na kakovost jajc predvsem s krmo ter okoljem, posledično prihaja do razlik v barvi rumenjaka, višini beljaka ter HE. Najpomembnejša pa je izbira pasme, saj le – ta vpliva na vse fizikalne lastnosti jajc.

Pomemben je tudi način reje, ki vpliva skoraj na vse fizikalne lastnosti.

Na fizikalne lastnosti je moč vplivati tudi z dvosmerno selekcijo na telesno maso kokoši. Jajca težjih kokoši so v povprečju težja, imajo višji beljak, večjo prisotnost peg, večjo vrednost HE, intenzivnejšo barvo rumenjaka, temnejšo in tanjšo lupino.

Na fizikalne lastnosti jajc lahko vplivamo z nekaterimi dodatki v krmo. Dodatki beta agonistov vplivajo na barvo in debelino lupine, maso jajca in jajčne lupine, višino gostega beljaka ter vrednost HE. Dodatki glutamina in prebiotikov v krmi lahko povečajo poškodbe jajc in mozoljavost lupine. Dodane kratkoverižne maščobne kisline v krmi niso pokazale vplivov na izboljšane trdnosti jajčne lupine, maso jajca in vsebnost surovega pepela.

Za študije senzoričnih lastnosti je potrebna komisija, ki ocenjuje videz, vonj in okus. Način reje vpliva na nekatere senzorične lastnosti – vonj surovega jajca, konzistenco beljaka in

rumenjaka ter okus.

Vsebnost elementov (kalcij, kalij, magnezij, natrij, cink, fosfor) v jajcih je funkcija genotipa, krme ter načina reje, ki pa vključuje tudi krmo.

Vsebnost težkih kovin (arzen, kadmij, živo srebro, svinec) v jajcih poleg škodljivega vpliva na zdravje, vpliva tudi na fizikalne lastnosti jajc, npr. arzen vpliva na višino gostega beljaka, število HE, maso jajca, porazdelitev joda in selena v jajcu.

Vsebnost holesterola v jajcih je odvisna od genotipa. Na maščobnokislinsko sestavo jajc vpliva genotip in tudi način reje ter krma, npr. dodajanje omega-3 pripravkov. Omega-3 dodatki v kombinaciji s sončničnim oljem vplivajo na fizikalne lastnosti jajc – na maso jajca, rumenjaka in beljaka.

Na kemijsko sestavo omega in navadnih jajc vpliva starost jajc in način priprave jajc. Način priprave (surova, mehko kuhana, trdo kuhana in pečena) omega in navadnih jajc vpliva na vsebnost beljakovin v jajcu, razlika je največja pri mehko kuhanih jajcih. Do razlik prihaja tudi v senzoričnih lastnostih pri nekaterih načinih priprave. Razlike v senzoričnih lastnostih med omega in navadnimi jajci se zaznajo pri svežih mehko kuhanih in starih trdo kuhanih jajcih.

Pomembna parametra pri kakovosti jajc sta mikrobiološka neoporečnost in svežost, ki lahko vplivata na fizikalne in senzorične lastosti jajca. Sistem kontrole kakovosti pri oskrbi porabnikov mora zagotavljati sveža in mikrobiološko neoporečna jajca.

## 6 VIRI

- Al-Batshan H.A., Scheideler S.E., Black B.L., Garlich J.D., Anderson K.E. 1994. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science*, 73: 1590-1596
- Arh T. 1995. Vpliv beta agonista na vsebnost holesterola v jajcih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Bell D.D. 2002. Cage Management for Raising Replacement Pullets. V: Chicken meat and egg production. 5th edition. Bell D.D., Weaver Jr. W.D. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 979-1006
- Bevc B. 1992. Vpliv dvosmerne selekcije na težo piščancev pri 56. dnevu starosti na nekatere fizikalne lastnosti jajc. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilorejo.
- Bizjak K. 1992. Vsebnost težkih kovin v jajcih iz različnih rej. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilorejo.
- Bohnsack C.R., Harms R.H., Merkel W.D., Russell G.B. 2002. Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. *Journal of Applied Poultry Research*, 11: 68-76
- Doganoc D.Z., Komar M. 2001. Analize kakovosti jajc in jajčnih izdelkov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta: 1-16
- Drev B. 2004. Ekološka prireja jajc. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Egg produciton and processing. 1996. V: The poultry production guide. Misset international: 9-47
- Elkin R.G., Rogler J.C., Lee H.D., Watkins B.A. 1992. Effect of  $\beta$ ,  $\beta'$  – Tetramethyl-substituted hexadecanedioic acid (Medica 16) on laying hen performance and egg yolk lipid composition. *British Poultry Science*, 33: 677-681
- Flere R. 2005. Vpliv kratkoverižnih maščobnih kislin na kakovost jajčne lupine. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilorejo.
- Frankič T. 2003. Vpliv glutamina in prebiotikov na kakovost jajčne lupine. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilorejo.
- Hargis P.S., Van Elswyk M.E., Hargis B.M. 1991. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science*, 70: 874-883

- Herber S.M., Van Elswyk M.E. 1996. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science*, 75: 1501-1507
- Holcman A. 1990. Genetski parametri za nekatere lastnosti jajc. Doktorska disertacija. Domžale, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živinorejo: 4
- Holcman A., Kovač M., Kmecl A., Zajec M. 1997. Kakovost jajc na slovenskem tržišču. V: Tehnologija-hrana-zdravje. 1. slovenski kongres o hrani in prehrani z mednarodno udeležbo, Bled, 21-25 apr. 1996. Raspor P., Pitako D., Hočevar J. (ur.). Ljubljana, Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev Slovenije: 667-673
- Holcman A. 1998. Nekaj poudarkov po kakovosti jajc. *Sodobno kmetijstvo*, 31, 5: 245-247
- Holcman A. 1999. Biološka prireja jajc. *Kmečki glas*, 56, 16: 7
- Holcman A. 2004. Kakovost jedilnih jajc. V: Reja kokoši v manjših jatah. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 99-116
- Holcman A., Skvarča M. 2005. Senzorične lastnosti jajc. *Kmečki glas*, 62, 1: 8
- Hussein S.M., Harms R.H., Janky D.M. 1993. Research note: Effect of age on the yolk to albumen ratio in chicken eggs. *Poultry Science*, 72: 594-597
- Intihar A. 2006. Vsebnost holesterola v jajcih treh linij kokoši. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živinorejo.
- Kavc A. 1990. Kakovost jajc na ljubljanskem trgu. Diplomski naloga. Domžale, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živinorejo.
- Knez V. 1995. Vpliv različnih koncentracij arzena ( $As_2O_3$ ) v krmi za kokoši nesnice na njegovo porazdelitev v jajcih. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živinorejo.
- Koch V. 1998. Uživanje jajc v prehranskih navadah odraslih v Sloveniji. V: Strokovni seminar Jedilna jajca obogatena z  $\Omega$ -3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 14-21
- Koman-Rajšp M., Stibilj V. 1998. Maščobnokislinska sestava jajc. *Sodobno kmetijstvo*, 31, 5: 248-252
- Ločniškar F. 1983. Reja perutnine. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 7-9
- Ločniškar F., Benčina D., Holcman A., Kmecl A. 1991. Reja perutnine-piščancev in kokoši. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 8-11

- Mihalič I., Kuhelj A. 1998. Vsebnost nekaterih elementov v jajcih iz kmečke reje. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- 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, Odd. za zootehniko.
- Pokorn D. 1996. S prehrano do zdravja. Hrana-čudežno zdravilo. II-recepti in diete. Ljubljana, EWO: 64-75, 117-118
- Pokorn D. 1998. Holesterol v jajcih. V: Strokovni seminar Jedilna jajca obogatena z  $\Omega$ -3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 22-27
- Poljanšek N. 2002. Vsebnost nekaterih elementov v kokošnjih jajcih iz farmske reje. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Rajar A. 1986. Funkcionalne lastnosti jajčnih sestavin in toplotna obdelava. V: Toplotna obdelava živil. 9. Bitenčevi živilski dnevi '86, Ljubljana, 13-14. nov. 1986. Šinkovec S., Bučar F., Klofutar C. (ur.). Ljubljana, VTO za živilsko tehnologijo: 161-170
- Reklewska B., Nalecz-Tarwacka T., Niemiec J., Karaszewska A. 1995. Yolk triacylglycerol composition and egg oqualiti following the diet containing amaranth meal. Animal Science Papers and Reports, 13, 273: 73-79
- Savski B. 1999. Preizkus sočasne obogatitve jajc z  $\omega$ -3 maščobnimi kislinami, vitaminom E, cinkom, jodom in selenom. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Salobir J. 2004. Prehrana kokoši nesnic, jarčk in pitovnih piščancev. V: Reja kokoši v manjših jatah. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 131-166
- Simčič M. 2003. Vsebnost holesterola v jajcih avtohtone pasme štajerke in isabrown kokoši. Diplomski naloga. Ljubljana Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Skvarča M. 1998. Tehnološka in kulinarična uporabnost jajc. V: Strokovni seminar Jedilna jajca obogatena z  $\Omega$ -3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 28-42
- Slokan P. 2003. Vpliv reje in starosti kokoši na fizikalne in senzorične lastnosti jedilnih jajc. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilstvo.
- Stadelman W.J., Olson V.M., Shamwell G.A., Pasch S. 1988. Egg and poultry – Meat processing. Chichester, Ellis Horwood: 20-39
- Suk Y.O., Park C. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. Poultry Science, 80: 855-858

- Tkalčič E., Stekar J.M.A., Holcman A. 2001. Povezava med karotenoidi v siliranem koruznem zrnju in barvo rumenjaka. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika), 78, 2: 197-209
- Terčič D. 1993. Vpliv beta agonista salbutamol sulfata na nekatere lastnosti jajc. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Toth G. 2000. Hranilna sestava navadnih in  $\omega$ -jajc, pripravljenih na različne načine. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Tumpej L. 2000. Vsebnost selena in joda v jajcih in tkivih kokoši iz kmečke reje. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za živilorejo.
- Udovič B. 1998. Proizvodnja  $\Omega$ -3 (omega-3) jajc. V: Strokovni seminar Jedilna jajca obogatena z  $\Omega$ -3 maščobnimi kislinami, Brdo, 7. nov. 1997. Ljubljana, Jata Reja: 5-13
- Vadnjal R. 1996. Porazdelitev selena in joda v jajcih in tkivih kokoši, krmljenih s krmo z dodanim arzenom ( $39.6 \mu \text{As}_2\text{O}_3/\text{g}$ ). Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Vidovič P. 2005. Prireja in kakovost jajc kokoši nesnic provenienc prelux in isa. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Volčanšek M. 2004. Maščobnokislinska sestava jajc avtohtone pasme štajerske in isa brown kokoši. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Zadravec D. 1999. Maščobnokislinska sestava jajc s povečanim deležem omega-3 maščobnih kislin. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Zajec M. 1995. Kakovost jajc na slovenskem tržišču. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za zootehniko.
- Zorko N. 1995. Proizvodnja jajc in mesa. Maribor, Littera: 11-28

## ZAHVALA

Posebno zahvalo namenjam mentorici prof. dr. Antoniji Holcman za strokovno vodenje, nasvete, izposojeno literaturo, predvsem pa za potrpežljivost, nesebično pomoč, vzpodbudne besede in prijaznost ob nastajanju tega diplomskega dela.

Recenzentu prof. dr. Janezu Salobirju in predsedniku komisije doc. dr. Stanetu Kavčiču se zahvaljujem za pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se dr. Nataši Siard za pregled diplomskega dela in pomoč pri oblikovanju le - tega in ge. Karmeli Malinger za lektoriranje angleškega izvlečka.

Zahvala gre tudi referentki ge. Sabini Knehtl za njeno prijaznost in vso pomoč tekom študija.

Iskreno se zahvaljujem staršem za vso ljubezen, ki mi jo nudita, njuno vsestransko pomoč, za koristne življenjske nasvete ter za potrpljenje med nastajanjem tega diplomskega dela. Mami, oči hvala vama za vse.

Srčno se zahvaljujem tebi, Sašo, za vso tvojo ljubezen, ki mi jo daješ, prenašaš vse moje muhe in mi stojiš ob strani.

Diplomsko delo pa je posvečeno tebi, moja draga prijateljica Pegi. Vseh osemnajst let, preživetih s tabo, je bilo neprecenljivih. Težko mi je brez tebe!