

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Peter SAVŠEK

**VPLIV PREDGRETJA IN POLOŽAJA VALILNIH
JAJC V ČASU SKLADIŠČENJA NA VALILNOST
PIŠČANCEV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Peter SAVŠEK

**VPLIV PREDGRETJA IN POLOŽAJA VALILNIH JAJC V ČASU
SKLADIŠČENJA NA VALILNOST PIŠČANCEV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE EFFECTS OF PRESTORAGE INCUBATION AND EGG
POSITION DURING STORAGE ON HATCHABILITY OF
CHICKENS**

B. SC. THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – živinoreja. Opravljeno je bilo na Katedri za znanosti o rejah živali Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomske naloge imenovala doc. dr. Dušana Terčiča.

Recenzentka: doc. dr. Vida REZAR

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Silvester ŽGUR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: doc. dr. Dušan TERČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: doc. dr. Vida REZAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum predstavitve: 14. 9. 2016

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

Peter SAVŠEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 636.5(043.2)=163.6
KG perutnina/kokoši/valilna jajca/skladiščenje/piščanci/valilnost
KK AGRIS L01/6100
AV SAVŠEK, Peter
SA TERČIČ, Dušan (mentor)
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI 2016
IN VPLIV PREDGRETJA IN POLOŽAJA VALILNIH JAJC V ČASU
SKLADIŠČENJA NA VALILNOST PIŠČANCEV
TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP VIII, 38 str., 8 pregl., 4 sl., 93 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V raziskavi smo proučevali vplive predgretja jajc pred skladiščenjem, starosti matične jate kokoši, dolžine skladiščenja jajc in položaja jajc v času skladiščenja na izgubo mase, embrionalni pogin, valilnost, maso piščancev in razmerje med spoloma ob izvalitvi. Valilna jajca smo dobili iz matičnih jat za komercialne nesnice Prelux-G. Analizirali smo naslednje vplive: starost jate (24 tednov, 65 tednov), predgrevanje jajc pred njihovim skladiščenjem (0,5 ur pri 37,8°C), trajanje skladiščenja (0, 3, 6, 9, 12, 15 dni pri 15,0°C) in položaj jajca v času skladiščenja (koničasti del gor, koničasti del dol). Starost matične jate je imela značilen ($P < 0,05$) vpliv na maso piščancev. Povečanje mase piščancev z naraščanjem starosti matične jate kokoši je mogoče pripisati dejstvu, da se je s staranjem matične jate značilno ($P < 0,05$) povečala masa jajc. Starost matične jate je izkazovala značilen ($P < 0,05$) vpliv na absolutno izgubo mase jajc med njihovim skladiščenjem. Jajca, ki so bila skladiščena s koničastim delom navzdol so med skladiščenjem izgubila manj mase kot jajca, ki so bila skladiščena s koničastim delom navzgor. Valilnost je značilno upadla pri jajcih skladiščenih 9 in več dni v primerjavi z jajci skladiščenimi 6 dni ali manj. Nobeden od treh izmed štirih proučevanih vplivov (predgretje jajc pred skladiščenjem, uporaba jajc iz različno starih matičnih jat, različen položaj jajc v času skladiščenja) ni značilno ($P > 0,05$) vplival niti na valilnost niti na razmerje med petelinčki in jarčkami ob izvalitvi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Vs
DC UDC 636.5(043.2)=163.6
CX poultry/hens/ hatching eggs/storage/chickens/hatchability
CC AGRIS L01/6100
AU SAVŠEK, Peter
AA TERČIČ, Dušan (supervisor)
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science
PY 2016
TY THE EFFECTS OF PRESTORAGE INCUBATION AND EGG POSITION
DURING STORAGE ON HATCHABILITY OF CHICKENS
DT B. Sc. Thesis (Higer professional studies)
NO VIII, 38 p., 8 tab., 4 fig., 93 ref.
LA sl
Al sl/en
AB The effects of heating of eggs before storage, layer breeder age, length of egg storage and egg position during storage on egg weight loss, embryo mortality, hatchability, chick weight and chick sex ratio at hatch were examined in this study. Hatching eggs were collected from Prelux-G layer breeders. The following factors were analyzed: flock age (24 weeks, 65 weeks), prestorage heating periods (0,5 hours at 37.8 °C), storage periods (0, 3, 6, 9, 12, 15 days at 15.0 °C) and egg positions (pointed end up, pointed end down). Breeder age had a significant ($P < 0.05$) effect on chick weight. This increase in chick size due to advancing age of layer breeder is attributable to the fact that egg weight significantly ($P < 0.05$) improved as the age of breeder increased. Significant differences were found in absolute egg weight loss during the storage period, as a function of flock's age ($P < 0.05$). Eggs stored with the small end down lost less weight during storage compared with the eggs stored with the small end up. Hatchability was significantly reduced when eggs were stored for 9 or more days compared to 6 days or less. Hatchability of set and fertile eggs and to male:female ratio were not influenced significantly ($P > 0.05$) neither by heating the eggs prior to storage nor by using the eggs from flocks of different ages or by storing the eggs in different positions.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
SLOVARČEK.....	VIII
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 STRUKTURA IN KAKOVOST VALILNIH JAJC.....	3
2.2 ČIŠČENJE IN RAZKUŽEVANJE VALILNIH JAJC	5
2.3 SKLADIŠČENJE VALILNIH JAJC	6
2.4 VALILNO JAJCE MED SKLADIŠČENJEM.....	8
2.5 POGOJI SKLADIŠČENJA VALILNIH JAJC.....	9
2.6 DOLGOTRAJNO SKLADIŠČENJE VALILNIH JAJC.....	11
3 MATERIALI IN METODE DELA	13
3.1 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	15
4 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	17
4.1 VPLIV STAROSTI MATIČNIH JAT	18
4.2 VPLIV PREDGRETJA JAJC PRED NJIHOVIM SKLADIŠČENJEM	20
4.3 VPLIV POLOŽAJA JAJCA MED SKLADIŠČENJEM.....	21
4.4 VPLIV TRAJANJA SKLADIŠČENJA JAJC	23
4.5 VPLIV INTERAKCIJ	25
5 SKLEPI.....	27
6 POVZETEK	28
7 VIRI.....	30
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Število vloženih jajc in število izvaljenih piščancev glede na starost jate in čas skladiščenja	14
Preglednica 2: Število vloženih jajc in število izvaljenih piščancev glede na starost jate, tretiranje jajc in položaj jajc med skladiščenjem	14
Preglednica 3: Statistična značilnost sistematskih vplivov in dvosmernih interakcij na parametre valjenja	17
Preglednica 4: Vpliv starosti jate na parametre valjenja	18
Preglednica 5: Vpliv predgretja jajc pred skladiščenjem le-teh na parametre valjenja.....	20
Preglednica 6: Vpliv položaja jajca med skladiščenjem na parametre valjenja	22
Preglednica 7: Vpliv trajanja skladiščenja jajc na parametre valjenja	23
Preglednica 8: Vplivi dveh interakcij na maso jajc ob vlaganju v valilnik, izgubo mase jajc in maso jarčk	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Struktura kokošnjega jajca	3
Slika 2: Manjši stroj za pranje jajc	6
Slika 3: Spreminjanje pH vrednosti in višine gostega beljaka s staranjem jajca.....	8
Slika 4: Dva položaja jajc v času njihovega skladiščenja	21

SLOVARČEK

Apoptoza – proces programirane smrti celice pri večceličnih organizmih.

Fiziološka ničla – temperatura, pri kateri se metabolizem zarodka ohranja na minimalni ravni.

Jarčka – kokoš ženskega spola v obdobju od izvalitve do spolne zrelosti oziroma do znesenja prvega jajca.

Kutikula – membrana, ki predstavlja varovalno plast na površini jajčne lupine.

Nekroza – oblika travmatske celične smrti, ki nastopi kot posledica akutne poškodbe celice.

Ovipozicija – trenutek, ko samica perutnine znese jajce.

Petelinček – kokoš moškega spola v obdobju od izvalitve do spolne zrelosti.

Provenienca – trgovsko ime za plemensko perutnino ali tudi ime za končnega križanca (npr. Prelux-G).

Prelux – slovenska provenienca kokoši lahkega tipa.

Valilnik – naprava, v kateri poteka valjenje in vključuje predvalilnik in izvalilnik.

Valilno jajce – oplojeno jajce iz plemenske jate perutnine, ki je namenjeno razmnoževanju.

Vitelinska membrana – tanka in elastična membrana, ki obdaja rumenjaki.

1 UVOD

Skladiščenje valilnih jajc je obdobje, ki traja od znesenja jajca (ovipozicije) do začetka procesa valjenja v valilnikih. V komercialnih valilnicah je skladiščenje valilnih jajc neločljivi del tehnološkega postopka valjenja. Zaradi logističnih težav (npr. slaba nesnost starševskih jat, velika oddaljenost valilnice od farme) ter nihanj v povpraševanju po piščancih na trgu je dolgotrajno skladiščenje valilnih jajc včasih neizogibno (Lima in sod., 2012). Kadar jajca skladiščimo le krajši čas (2-4 dni), le-ta ne zahtevajo posebnega obravnavanja (Elibol in sod., 2002). Skladiščenje valilnih jajc, ki traja več kot sedem dni, vpliva na rezultate valjenja, in sicer se v teh primerih podaljša čas valjenja ter zmanjšata valilnost in kakovost piščancev; posledično je njihova kasnejša sposobnost rasti manjša, poveča pa se tudi pogin piščancev po izvalitvi (Christensen in sod., 2002; Ruiz in Lunam, 2002; Tona in sod., 2003). Z neustreznimi pogoji skladiščenja valilnih jajc pred valjenjem se rezultati valjenja poslabšajo, zato moramo za dolgotrajno skladiščenje valilnih jajc zagotoviti posebne ukrepe. Uporabljenih je bilo že veliko metod, ki naj bi izboljšale valilnost več kot sedem dni skladiščenih jajc. Te metode vključujejo uporabo plinov v času skladiščenja (preplavljanje jajc z dušikom, shranjevanje v atmosferi z visoko koncentracijo CO₂), spreminjanje skladiščne temperature zraka in njegove vlažnosti, shranjevanje jajc s koničastim delom navzgor, prekrivanje jajc s plastičnimi ponjavami (zmanjšanje izmenjave plinov), obračanje jajc med skladiščenjem, počasno zviševanje temperature na začetku valjenja, segrevanje jajc v času skladiščenja (Meijerhof, 1992; Mayes in Takeballi, 1984).

Ena od pogosteje uporabljenih metod za zmanjšanje negativnih vplivov dolgotrajnega skladiščenja temelji na kratkotrajnem inkubiranju valilnih jajc pred njihovim skladiščenjem. Tako pri kokoših kot pri purah se je tehnika izkazala za učinkovito pri izboljšanju valilnosti dalj časa skladiščenih jajc. Predgretje jajc pred njihovim skladiščenjem sloni na dejstvu, da se zarodek v trenutku znesenja jajca (ovipozicije) nahaja v fazi blastule, ki veliko slabše prenaša stres, povezan s skladiščenjem jajc, kot kasnejša faza v razvoju, to je gastrula (Schulte-Drüggelte, 2011). V trenutku znesenja blastoderm kokošnjega jajca sestavlja 40000 do 60000 nediferenciranih zarodnih celic (Shao in sod., 2012).

Na variabilnost v številu blastodermalnih celic vpliva veliko dejavnikov, med drugim starost matične jate, telesna masa živali, nesnost, položaj jajca v nesni seriji in tip gnezda (Butler, 1991). Variabilnost v razvitosti zarodka v trenutku znesenja jajca ima neposreden vpliv na to, kako bo kasneje blastoderm prenašal določene pogoje skladiščenja, saj vpliva na zgodnji embrionalni razvoj, zamiranja v času skladiščenja in valjenja, valilnost in trajanje valjenja (Butler, 1991). Hutt in Pilkey (1930) poročata, da predgretje jajc za 4–5 ur takoj po njihovem znesenju povzroči, da se zarodek razvije preko kritične stopnje predgastrule. V zadnjih desetletjih več raziskav govori o pozitivnem vplivu predgretja valilnih jajc pred skladiščenjem na večjo valilnost in manjši embrionalni pogin (Petek in

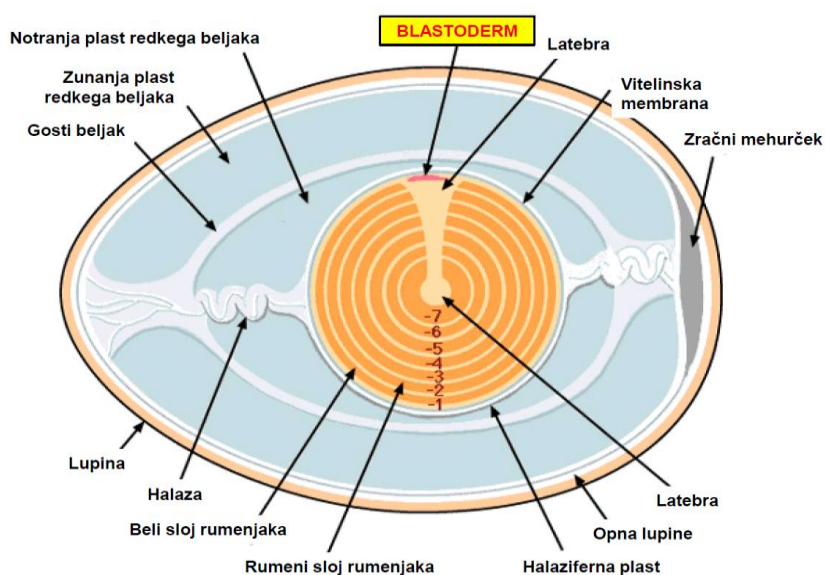
Dikmen, 2004; Reijrink in sod., 2009). Tradicionalno se valilna jajca skladišči obrnjena s koničastim delom navzdol. Če jajc ne skladiščimo na valilniških lesah temveč na kartonastih pladnjih, jih zlahka namestimo v položaj, ko koničasti del gleda navzgor (Schulte-Drüggelte, 2011). Proudfoot (1967) je valilna jajca skladiščil s koničastim delom navzgor in ugotovil izboljšano valilnost po dolgotrajnem skladiščenju, ki je trajalo tudi 28 dni. Tudi Sauveur (1988) navaja prednosti daljšega skladiščenja jajc s koničastim delom navzgor. Po mnenju Reijrinka (2011) je verjetnost dehidracije zarodka oziroma njegovega zlepljenja z notranjo stranjo lupine večja pri skladiščenju jajc s koničastim delom navzdol, kot če jajca skladiščimo v obratnem položaju s koničastim delom navzgor.

Poleg trajanja skladiščenja, razvojne stopnje zarodka v času znesenja jajca in položaja jajc med skladiščenjem obstaja še nekaj drugih vidikov skladiščenja, ki lahko vplivajo na kasnejšo uspešnost valjenja: starost matične jate, genotip živali, okoljski pogoji, kemijske in fizikalne lastnosti jajc (Schmidt in sod., 2002). Nekateri od teh dejavnikov nastopajo v medsebojni interakciji. Namen pričujočega diplomskega dela je bil raziskati vpliv predgretja valilnih jajc lahkega tipa kokoši na uspešnost valjenja. Večina dosedanjih raziskav na to temo je bila opravljena na japonskih prepelicah in brojlerskih starših. Vpliv predgretja na valilnost pri kokoših lahkega tipa je slabo raziskan. Povsem neraziskan je tudi vpliv predgretja na razmerje med spoloma ob izvalitvi. V raziskavi smo se zato osredotočili na te neraziskane vidike učinkov predgretja, predvsem pa smo želeli proučiti, kako različna starost starševskih jat, različna obdobja skladiščenja jajc, tretiranje jajc (predgretje) ter položaj jajc med skladiščenjem vplivajo na različne parametre valjenja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 STRUKTURA IN KAKOVOST VALILNIH JAJC

Jajce je največja biološka celica, ki izvira iz ene celične delitve. Sestavljajo ga različne pomembne kemijske snovi, ki skupaj tvorijo osnovo za življenje. Tekom evolucije je jajce izoblikovalo obrambo proti fizikalnim, mikrobnim in temperaturnim šokom iz zunanjega, morebiti agresivnega okolja, obenem pa ustvarilo okolje, ki zadosti vsem potrebam razvijajočega se zarodka (Mine, 2008). Oplojeno ptičje jajce sestoji iz kutikule, jajčne lupine, dveh membran (opna lupine, opna beljaka), beljaka ter rumenjaka, ki nosi blastoderm. Jajce kokoši sestavlja približno 64 % beljaka, 27 % rumenjaka in 9 % lupine (Rose, 1997) (slika 1).



Slika 1: Struktura kokošnjega jajca (prirejeno po Ward, 2014)

Trdna apnenčasta lupina ščiti zarodek pred mehanskimi vplivi in hkrati služi kot ovira za preprečevanje vdora bakterij v jajce, s čimer preprečuje razvoj bakterijskih okužb. Notranja stran lupine predstavlja vir kalcija za razvoj okostja rastočega zarodka (Romanoff, 1960, cit. po Onagbesan, 2007). Lupina, ki sestoji predvsem iz kalcijevega karbonata, ima perforirano strukturo. Skoznjo prehaja 7000–17000 neenakomerno razporejenih lijakasto oblikovanih por (Dennis in sod., 1996, cit. po Mine, 2008). Pore v jajčni lupini povezujejo jajčno vsebino z zunanjo atmosfero. Na topem delu jajca se nahaja več por kot na koničastem delu (PPG, 1998). Ptičji zarodek diha na način, da poteka izmenjava kisika in ogljikovega dioksida skozi pore v jajčni lupini (Onagbesan, 2007). Zaradi svoje porozne strukture je jajčna lupina tudi medij, skozi katerega voda izhlapeva iz jajčne vsebine, in hkrati vstopno mesto za bakterije in neprijetene vonjave, ki lahko prodrejo v jajce (Berrang in sod., 1999; Leleu in sod., 2011). Na zunanji strani jajčne

lupine se tik pred znesenjem jajca naloži 10–30 µm debela hidrofobna beljakovinska plast, imenovana kutikula, ki prekrije celotno površino jajčne lupine, vključno z odprtini por. Ob znesenju je kutikula mehka, vendar se ob ohlajanju jajca hitro osuši in otrdi (PPG, 1998). Ko torej kutikula dozori, predstavlja učinkovito zaščito pred vdorom vode in bakterijskimi okužbami (Berrang in sod., 1999). S staranjem jajca se kutikula krči, kar se odraža v večji izpostavljenosti por v jajčni lupini (Mayes in Takeballi, 1983). Tudi pri jajcih z nepoškodovano kutikulo se pojavi 10–20 por, ki niso povsem prekrivane ali zapolnjene s kutikulo in te pore predstavljajo vstopno mesto za bakterije in s tem okužbo jajčne vsebine (Board in Tranter, 1995).

Na notranji strani jajčne lupine se nahajata 2 lupinski membrani, ki se ločita na topem delu jajca, kjer se oblikuje zračni mehurček. Vlakanasto sestavljeni membrani s tem, ko predstavljata prepreko med beljakom in lupino, pomagata ščititi jajčni beljak (kateri ščiti jajčni rumenjaki) (PPG, 1998). Obe membrani, zunanja (50–70 µm) in notranja (15–26 µm), omogočata difuzno izmenjavo plinov in tekočin (Mine, 2008). Notranja membrana predstavlja največjo protimikrobno zaščito (Board in Tranter, 1995). Jajčni beljak ima pomembno vlogo pri zaščiti razvijajočega se zarodka, predvsem pri vdoru invazivnih mikroorganizmov (PPG, 1998). Sestavljen je iz štirih plasti, in sicer zunanji redki beljak, zunanji gosti beljak, notranji redki beljak ter notranji gosti beljak oz. halaziferni beljak (Mine, 2008). Beljak vsebuje številne substance, kot npr. encim lizocim, ki razgrajuje bakterijske celične stene (PPG, 1998). Gosti beljak predstavlja približno eno polovico vsega beljaka. Jajčni beljak, ki obdaja jajčni rumenjak, deluje kot blažilec treslajev (Rose, 1997), hkrati pa vsebuje tudi hranila za razvijajoči se zarodek (PPG, 1998).

Halaziferna plast beljaka je želatinasta tvorba, ki neposredno pokriva celotni jajčni rumenjak. Po daljši osi (od topega do koničastega dela) jajca je halaziferna plast beljaka zavita na obeh koncih rumenjakeve membrane tako, da oblikuje vrvi podobno strukturo, ki jo imenujemo halaza (Mine, 2008) (slika 1). Naloga halaze je, da obdrži rumenjak v sredinski legi, torej v bližini geometričnega središča jajca (Rose, 1997). Jajčni rumenjak je kompleksen sistem, ki vsebuje različne delce (rumenjakeve kroglice, prostoplavajoča zrnca, lipoproteinske kroglice z nizko gostoto, mielinske tvorbe), raztopljene v beljakovinski raztopini. Obdan je z vitelinsko membrano (Mine, 2008). Jajčni rumenjak skupaj z jajčnim beljakom in jajčno lupino predstavlja vir hranil za razvijajoči se zarodek. Rumenski rumenjak v večini sestoji iz dveh delov, in sicer iz belega in rumenega rumenjaka. Beli rumenjak (manj kot 2 %) izvira iz belega folikla, ki je zorel v jajčniku (Mine, 2008). Razširi se v blastodisk, ki leži na površini skoraj okroglega rumenjaka (Rose, 1997).

Ko ptica znese jajce, je to že povsem oblikovano, ob ohlajanju se le še skrči, in sicer se vsebina jajca skrči bolj kot lupina, zato se na topem delu jajca oblikuje zračni mehurček. Na topem delu jajca je namreč število por večje kot na drugih delih jajčne lupine (PPG, 1998).

2.2 ČIŠČENJE IN RAZKUŽEVANJE VALILNIH JAJC

Število bakterij na površini jajčne lupine tik po znesenju je nekje med 300 in 500. Na površini jajčne lupine umazanega jajca se lahko število povzpe tudi do 80000 bakterij (Mauldin, 1999). Običajno onesnaževalci prihajajo iz rodov *Pseudomonas*, *Escherichia coli*, *Salmonella* in *Mycoplasma* (Thermotes, 2003). Na površini jajčne lupine je moč najti tudi različne predstavnike plesni, kot npr. *Aspergillus fumigatus* (Bruce in Johnson, 1978). Naravna zaščita, ki jo zagotavlja jajce proti vdoru bakterij (kutikula, jajčna lupina, membrane, visoka pH vrednost beljaka, encim lizocim), ponavadi jajca ne zaščiti popolnoma (Berrang in sod., 1999), zato moramo na vsak način preprečiti okužbo jajčne lupine z iztrebki živali, in sicer z zagotavljanjem ustrezne higiene gnezd in uporabo tehnologije, ki minimalizira možnost nesena talnih jajc. Intenziven vdor bakterij v jajčno vsebino zmanjša kakovost valjenja z več vidikov: vpliva na zamrtje zarodkov v zgodnjih fazah razvoja, okuži se rumenjaki, vpliva pa tudi na zamrtje zarodkov tik pred izvalitvijo.

Vse naštetost se odraža v večjem poginju ter večji heterogenosti piščancev v prvem tednu po izvalitvi (Turblin, 2008). Bakterije lahko preidejo skozi membrane, kadar je na lupini prisotna voda ali druga tekočina. Prehod je olajšan predvsem, kadar je temperatura jajca različna od temperature tekočine (Berrang in sod., 1999). Jajce je še posebej dovzetno za okužbo v času, ko se v njem tvori zračni mehurček, torej po znesenju, ko se ohlaja. Zaradi ohlajanja se jajčna vsebina krči in v jajcu nastane vakuum, ki s površine umazane jajčne lupine v notranjost povleče morebitno prisotne bakterije (Bruce in Drysdale, 1994; Lock in sod., 1992, cit. po Turblin, 2008). Zato je pomembno, da površino jajčne lupine razkužimo čimprej po znesenju, ko je jajčna vsebina še topla in se jajce ohlaja. Metode razkuževanja so različne - od nanašanja razkužila z brisanjem, škropljenjem ali namakanjem v razkužilo, vendar je verjetno še vedno najbolj učinkovita metoda razkuževanja zaplinjevanje s formaldehidom (Cadirci, 2009). Uporaba ozona ali UV svetlobe za razkuževanje valilnih jajc ni razširjena. Uporaba ozona še ni povsem dodelana, in ker je zanjo potrebno urediti samodejno pobiranje in vlaganje valilnih jajc na predvalilniške lese. Po drugi strani je ozon toksičen, koroziven in gorljiv plin, ki v visokih koncentracijah (nad 3 %) škodljivo vpliva na kakovost valjenja (Incubation guide, 2015).

Pranje valilnih jajc s toplo vodo da zadovoljive rezultate, saj močno zmanjša število bakterij na površini jajčne lupine. Romanoff in Romanoff (1949) navajata, da s pranjem jajc s površine jajčne lupine odstranimo kutikulo, ki je sicer pomemben element zaščite proti mikroorganizmom. Kljub temu lahko pojav okužbe notranjosti jajca značilno zmanjšamo, če pri pranju jajc upoštevamo nekaj osnovnih pravil. Predvsem je pomembno, da jajc ne peremo z vodo, ki bi bila hladnejša od jajčne vsebine, ker bi se v tem primeru jajčna vsebina ohlajala in krčila ter v notranjost jajca potegnila vodo z umazanijo vred (Bartlett in sod., 1993; Leclair in sod., 1994). V kolikor je voda za pranje jajc prevroča, lahko pride do natrtja oz. zloma jajčne lupine (Hutchison in sod., 2006). Optimalna

temperatura vode za pranje valilnih jajc je 42–45 °C. Visoke koncentracije železa ali magnezija v vodi za pranje jajc lahko povečajo bakteriološki problem in zmanjšajo učinkovitost delovanja detergenta. Povišana koncentracija železa povzroča kvarjenje jajc, saj pospešuje razvoj bakterij iz rodu *Pseudomonas*. Po pranju jajc, ki ne sme trajati več kot 3 ali 4 minute, moramo jajca sprati s sterilno vodo (s temperaturo 45–48 °C), jih ohladiti in osušiti v čistem, brezprašnem prostoru pri temperaturi 22 °C (PPG, 1998). Delovanje sodobnih pralnih strojev za jajca temelji na vsaj 40 sekundnem škropljenju jajc z vodo, kateri sta dodana detergent in razkužilo (slika 2). Naloga detergenta je, da odstrani organski material s površine lupine, kajti če so mikroorganizmi obdani z organskim materialom, se učinek razkužil zmanjša. V primeru majhne kontaminacije se kot razkužilo uporabljajo klorove spojine, če gre za kontaminacijo večjega obsega, pa prednostno uporabljamo amonijeve spojine.



Slika 2: Manjši stroj za pranje jajc (Egg washers, 2012).

2.3 SKLADIŠČENJE VALILNIH JAJC

Skladiščenje jajc je čas od znesenja jajca do vložitve v predvalilnik, kjer se začne postopek valjenja. V praksi je to vsota časa, ko so jajca skladiščena na farmi, in časa, ko so jajca skladiščena v valilnici (PPG, 1998). Po znesenju se jajca pobere iz gnezd ter skladišči na farmi, kjer so naseljene starševske (matične) jate. Po transportu v valilnico se nekaj časa skladiščijo še v valilnici. Po koncu skladiščenja se jih vloži na valilniške lese in v predvalilniku se začne proces valjenja (Reijrink in sod., 2010a). Običajna praksa rejcev starševskih jat in valilnic je, da se valilna jajca skladišči od 1 do 4 dni (skupaj: na farmi in v valilnici). Na ta način se vzdržuje količino jajc, potrebno za normalen potek valilnega procesa.

Včasih je potrebno valilna jajca skladiščiti tudi več kot teden dni (Silva in sod., 2008). Čas skladiščenja valilnih jajc je odvisen od zaloge valilnih jajc, kapacitete valilnice in od povpraševanja po dan starih piščancih (Reijrink in sod., 2010a). Tako rejci starševskih jat perutnine kot tudi raziskovalci morajo včasih valilna jajca skladiščiti več kot teden dni. Rejci starševskih jat perutnine si želijo čim večje skupine (družine) živali ob enkratnem valjenju in zmanjšano število valjenj, za katera morajo izvajati selekcijska opravila na selekcijskih centrih. Raziskovalci morajo valilna jajca skladiščiti dalj časa, kadar je starševska populacija majhna, za namene poskusa pa potrebujejo čim večje poskusne skupine (Fairfull in Gowe, 1987). Dokazano je, da se valilnost in vitalnost potomcev poslabšujeta, če traja skladiščenje jajc dlje kot 7 dni. Ob optimalnih pogojih skladiščenja valilnih jajc lahko zarodki ostanejo živi tudi 26–28 dni, vendar je valilnost pri tako dolgo skladiščenih jajcih zelo nizka - le okrog 20 %, in sicer zato, ker zarodki tekom skladiščenja valilnih jajc zelo hitro oslabijo (PPG, 1998). Pri daljšem skladiščenju valilnih jajc se pojavijo naslednji negativni učinki:

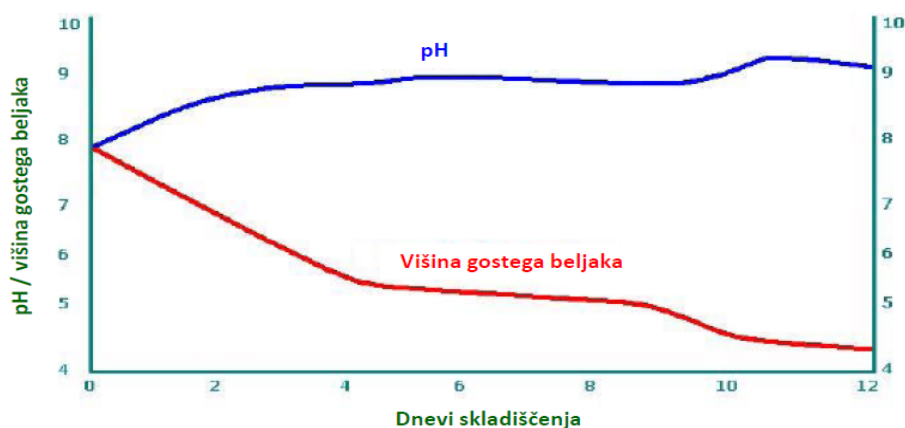
- a) Daljše trajanje valjenja. Na splošno velja, da skladiščenje podaljša skupni čas valjenja. Daljši čas skladiščenja valilnih jajc odloži (zamakne) začetek razvoja zarodka v valilniku (v povprečju 45–50 minut zakasnitve začetka razvoja za vsak dan skladiščenja valilnih jajc) (Arora in Kosin, 1966) in povzroči počasnejši razvoj na začetku valjenja (Meijerhof, 1992). Fasenko (2007) je ugotovil, da se embrionalni razvoj v jajcih, skladiščenih 14 dni, začne približno 6 ur kasneje kot v svežih jajcih. Mather in Laughlin (1977) navajata, da je v njunem poskusu v enakih pogojih skladiščenja prišlo do zakasnitve 12,2 ur. V povprečju torej 1 dan skladiščenja jajc prinese 1 uro zamika v začetku embrionalnega razvoja ob začetku valjenja. To bi morali vzeti na znanje, zato rejci svežih in dalj časa skladiščenih jajc ne bi smeli vlagati v valilnike istočasno (PPG, 1998).
- b) Zmanjšana valilnost. Praksa v komercialnih valilnicah je pokazala, da je valilnost jajc, ki jih skladiščimo dalj časa, nižja od običajne (Lourens, 2002). Dolgotrajno skladiščenje jajc povzroča odmiranje celic in sicer zaradi procesov nekroze in apoptoze. Rezultat omenjenih procesov je višji pogin zarodkov in posledično manjša valilnost (Fasenko, 2007). Četudi bi valilna jajca skladiščili na temperaturi, nižji od »fiziološke ničle« in na njih ne bi bilo opaziti nobene večje morfološke spremembe, bi se nekrotične in apoptotične celice pojavile takoj, ko bi se podaljšal čas skladiščenja ali pa bi narasla temperatura (Incubation guide, 2015). Arora in Kosin (1968) sta ugotovila, da se pri valilnih jajcih, skladiščenih 21 dni, stopnja mitoze in nekroze poveča, kadar temperatura skladiščenja naraste nad 10 °C. Bloom in sod. (1998) navajajo, da je delež apoptotičnih celic v trenutku znesenja 3,1 %. Med 14-dnevnim skladiščenjem jajc pri temperaturi 12 °C naraste na 13,9 %. Dolgotrajno skladiščenje valilnih jajc torej vpliva na embrionalni razvoj in metabolizem zarodka. Učinek dolgotrajnega skladiščenja na zarodek je lahko tako močan, da se kasneje ob začetku valjenja rast zarodka sploh ne nadaljuje ali pa slednji raste počasneje (Fasenko, 2007).

c) Slabša kakovost piščancev in njihova telesna masa. Skladiščenje valilnih jajc, ki traja več kot sedem dni, je povezano z upadom kakovosti piščancev in z zmanjšano stopnjo rasti le-teh (Tona in sod., 2003). Mehanizmi, preko katerih trajanje skladiščenja vpliva na zmanjšano valilnost in kakovost piščancev, niso povsem jasni. Predvidevajo, da lastnosti zarodka (stopnja razvitosti zarodka ob znesenju jajca, propadanje celic med skladiščenjem) in lastnosti jajca (pH vrednost in viskoznost beljaka ter izgube vode) medsebojno vplivajo drug na drugega in s tem vplivajo na valilnost ter kakovost piščancev (Van den Brand, 2008).

2.4 VALILNO JAJCE MED SKLADIŠČENJEM

Ob znesenju jajčni beljak vsebuje velike količine bikarbonata (hidrogenkarbonata) in ogljikovega dioksida (CO_2). To je posledica visokega parcialnega pritiska CO_2 v jajcevodu kokoši (PPG, 1998). CO_2 začne izhajati iz jajca že takoj po znesenju, delež izgubljenega CO_2 pa je odvisen od puferskih sposobnosti beljaka (minimum doseže pri pH vrednosti med 7,0 in 9,0), temperature okolice, prevodnosti lupine, trajanja skladiščenja in plinske sestave zraka v okolici jajca (Incubation guide, 2015). Zaradi izhajanja ogljikovega dioksida se pH vrednost beljaka dvigne s 7,6–8,2, kakršna je njegova vrednost v svežem jajcu ob znesenju, na 9,2–9,7 po skladiščenju jajc na zraku.

Tudi gostota beljaka je odvisna od pH vrednosti le-tega in ponavadi upada ne glede na starost živali (jate) ali povečanje mase jajc (Incubation guide, 2015) (slika 3). Glavni razlog za upad viskoznosti beljaka tekom skladiščenja jajc je verjetno medsebojno delovanje ovomucina in lizocima (Rose, 1997). Heath (1977) je opazil, da vsebnost sulfhidrila narašča z naraščanjem pH vrednosti beljaka in predvideva, da sta naraščajoča vsebnost sulfhidrila in z njim povezano zmanjševanje gostega beljaka posledica razpadanja beljakovin beljaka.



Slika 3: Spreminjanje pH vrednosti in višine gostega beljaka s staranjem jajca (prirejeno po Van de Ven, 2006)

Prav zaradi tega imajo temperatura in ostali pogoji skladiščenja jajc pomembno vlogo pri vzdrževanju konzistence gostega beljaka. Posledica tega je utekočinjanje beljaka, to pa ima pomembno vlogo pri izmenjavi plinov in transportu hranilnih snovi do zarodka (Lapão in sod., 1999).

Walsh (1993, cit. po Onbasilar in sod., 2007) navaja, da je za rast zarodka najbolj optimalna pH vrednost beljaka med 8,2 in 8,8 in da je potrebna ustrezna kakovost beljaka že pred začetkom valjenja. Celična aktivnost v zgodnjih fazah embrionalnega razvoja je namreč odvisna od encimskih aktivnosti, te pa so odvisne od pH vrednosti (PPG, 1998). Bazične pH vrednosti skrbijo tudi za zaščito zarodka pred potencialnimi bakterijskimi okužbami (Incubation guide, 2015). Izgube CO₂ so torej potrebne, da se zagotovi dobro valilnost, vendar morajo biti pravočasne. V kolikor so izgube prevelike, se to odrazi v visoki pH vrednosti beljaka, kar pa negativno vpliva na začetek embrionalne rasti in na vitalnost zarodkov (Onagbesan in sod., 2007). Lapão in sod. (1999) navajajo, da pH vrednost beljaka naraste v prvih 3-4 dneh. Verjetno zaradi tega pogosto slišimo, da valilnost svežih (1 dan starih) jajc ni tako dobra kot pri jajcih, skladiščenih 3-4 dni (PPG, 1998). Voda izhaja iz jajca skozi pore v lupini. Na količino izhlapele vode med skladiščenjem vplivajo tudi dolžina skladiščenja, temperatura in vlaga okolice ter površina in poroznost jajčne lupine (Sauveur, 1988), ki neposredno vplivajo na valilnost.

Pogoje skladiščenja moramo torej urediti tako, da bodo izgube vode iz jajc čim manjše (PPG, 1998). Čeprav raziskovalci predvidevajo, da bi izguba vode iz jajca lahko negativno vplivala na viskoznost beljaka, niso našli nobene direktne povezave med izhlapevanjem vode, pH vrednostjo in gostoto beljaka (Incubation guide, 2015). S staranjem jajc se gosti beljak spreminja v redki beljak, kar se odrazi tudi v spremenjeni nitasti strukturi vitelinske membrane. Vitelinska membrana, ki sicer predstavlja prepreko za prehod bakterij iz beljaka v rumenjaki (Gast in sod., 2005), s podaljšanjem skladiščenja jajc slabi (Kirunda in McKee, 2000), ker se beljakovine vitelinske membrane s staranjem razgrajujejo (Shafer in sod. 1998). Oslabitev vitelinske membrane privede do tega, da je zarodek izpostavljen visokim bazičnim pH vrednostim, ki naj bi bile odgovorne za zamrtje zarodka v fazah zgodnjega razvoja (Reijrink in sod., 2008). Optimalna vrednost v prvih dneh valjenja za embrionalni razvoj zarodka je torej med 7,9 in 8,4 (Incubation guide, 2015).

2.5 POGOJI SKLADIŠČENJA VALILNIH JAJC

Najpomembnejša parametra pri skladiščenju jajc, tudi če gre za kratkotrajno skladiščenje, sta temperatura in relativna vlaga v prostoru (PPG, 1998). Temperatura jajca je ob znesenju nad 40 °C, optimalna temperatura med valjenjem pa okrog 37,8 °C (Lourens, 2002). Razvoj zarodka se začne v jajcu že v kokoši. Po znesenju se mora razvoj ustaviti v približno 6 urah (PPG, 1998), zato moramo jajce ohladiti na temperaturo pod »fiziološko

ničlo«, to je temperaturo, pri kateri je metabolizem zarodka minimalen (Brake in sod., 1997). V to fazo jajce po navadi pride v gnezdu ali na traku, ki transportira jajca iz gnezd. V kolikor je temperatura okolja višja, moramo poskrbeti za pogostejše pobiranje jajc, da zagotovimo ohladitev jajca (iz 40 °C na temperaturo »fiziološke ničle«) v manj kot 6 urah. »Fiziološka ničla« ni točno definirana – različni avtorji navajajo različne podatke. Edwards (1902) navaja, da je to temperatura pod 20–21 °C. Funk in Biellier (1944) cit. po Brake (1997) navajata, da je to temperatura pod 27 °C, Decuypere in Michels (1992, cit. po Brake, 1997) pa trdita, da je »fiziološka ničla« za perutninska jajca med 19 °C in 27 °C. Po znesenju se valilna jajca običajno skladišči v prostorih za skladiščenje jajc, kjer je temperatura 13–18 °C in relativna vlaga 75–80 % (Aygun in Sert, 2013).

Osnovne raziskave dokazujejo, da v času skladiščenja valilnih jajc ni zaznati embrionalnega razvoja zarodka in ta ostaja v embrionalni diapavzi, v kateri je bil, ko je jajce doseglo temperaturo »fiziološke ničle«. Kljub temu minimalni embrionalni razvoj med skladiščenjem poteka in ravno to povzroči upad vitalnosti med dolgotrajnim skladiščenjem (Meijerhof, 1992; Mayes in Takeballi, 1984). Nekatere raziskave kažejo, da je mogoče boljše rezultate glede valilnosti doseči pri višjih temperaturah in krajšem času skladiščenja. Temperature tik pod »fiziološko ničlo« povzročijo le manjšo razgradnjo gostega beljaka, kar olajša prenos hranil do zarodka brez večjih poškodb vitelinske membrane (Incubation guide, 2015). Temperatura okrog 20–21 °C je hkrati dovolj nizka, da vzdržuje vitalnost zarodka (Schulte-Drüggelte, 2011). V kolikor se čas skladiščenja podaljša, moramo zagotoviti nižjo temperaturo, ki zmanjša število apoptotičnih in nekrotičnih celic. Funk in Forward (1960) sta dosegla optimalno valilnost pri dolgotrajnem skladiščenju valilnih jajc (več kot 14 dni) pri temperaturi skladiščenja okrog 12 °C. Za kratkotrajno skladiščenje valilnih jajc je torej primerna višja temperatura, medtem ko moramo za daljše skladiščenje jajc (več kot 5 dni) uporabiti nižjo temperaturo (PPG, 1998). Ob kratkotrajnem skladiščenju se je potrebno zavedati, da predstavlja ohlajanje zarodka in takoj nato njegovo segrevanje na temperaturo valjenja stresno situacijo, ki ga oslabi oziroma zmanjša njegovo preživitveno sposobnost. V tej fazi zarodek sestavlja relativno majhno število celic (okrog 60000) in je zato izredno občutljiv na vplive iz okolja. Podaljšano izpostavljanje zarodka visokim okoljskim temperaturam (okrog 30 °C) lahko upočasni delitve celic in povzroči nenormalne zarodke. Mather in Laughlin (1979) navajata, da predgretje povzroči morfološke spremembe v blastodermu in anomalije na zarodku s povečano celično nekrozo, kot sta dokazala Arora in Kosin (1966). Do tega pojava lahko pride tudi, kadar jajc ne pobiramo dovolj pogosto in v gnezdih na njih sedijo kokoši, ki jih ogrevajo na visoko temperaturo. Relativna vlaga med skladiščenjem jajc mora biti med 70 % in 80 %, da preprečimo prevelike izgube vode iz njih (Meijerhof, 2000 cit. po Schulte-Drüggelte, 2011). Prevelike izgube vode med skladiščenjem valilnih jajc se lahko odrazijo v nerazvitih ali zamrtih zarodkih na različnih razvojnih stopnjah valjenja (Seker in sod., 2006). Izgube vode naj bi bile omejene, optimalno naj bi bilo 0,8 %–0,9 % na teden (Incubation guide, 2015).

Kadar ohlajena jajca prestavimo iz hladilne komore, kjer smo jih skladiščili, v topel prostor, se na njih zaradi vlage v zraku pojavi kondenz. Pojav vode na površini jajčne lupine ni zaželen, ker voda predstavlja medij, s pomočjo katerega mikroorganizmi lahko vstopijo v jajce skozi pore v jajčni lupini (Bruce in Drysdale, 1994). Priporoča se, da se jajca po premiku iz hladilnice postopno segreje najprej na sobno temperaturo in šele nato vstavi v valilnike (PPG, 1998). Med hladnim prostorom in toplim prostorom, kjer jajca vlagamo na lese predvalilnika, ne sme biti več kot 11 °C temperaturne razlike (Schulte-Drüggelte, 2011).

2.6 DOLGOTRAJNO SKLADIŠČENJE VALILNIH JAJC

Za izboljšanje valilnosti dalj časa (> 7 dni) skladiščenih valilnih jajc je bilo testiranih že več metod. Uporabljene so bile metode, s katerimi so spreminjali sestavo plinov v skladiščnih komorah, temperaturo in relativno vlago v skladiščih, položaj jajca med skladiščenjem, obračali jajca med skladiščenjem, zmanjševali izmenjavo plinov (jajca so prekrili s plastično vrečko), segrevali jajca med skladiščenjem in jajca na začetku valjenja postopno segrevali na optimalno temperaturo valjenja (Mayes in Takeballi, 1984; Meijerhof, 1992). Bowman (1966) navaja značilno izboljšanje kakovosti piščancev, izvaljenih iz valilnih jajc, skladiščenih več kot teden dni v Cryovac vrečkah, tretiranih z dušikom. Na račun visoke koncentracije dušika je koncentracija kisika zmanjšana, kar posledično upočasni metabolne procese zarodka in s tem zmanjša porabo energije. Kadar je poraba energije zmanjšana, ima zarodek večje možnosti za preživetje skozi dolgotrajno skladiščenje jajc (Reijrink in sod., 2010b). Spencer in sod. (1968) so dosegli najboljše rezultate valjenja, kadar so med dolgotrajnim skladiščenjem jajca v vrečkah Cryovac skladiščili pri 95 % relativni vlagi. To sta potrdila tudi Kosin in Konishi (1973), ki sta prišla do zaključka, da je visoka relativna vlaga v prostorih, kjer se dolgotrajno skladiščijo valilna jajca v Cryovac vrečkah, glavni razlog za pozitivne učinke na valilnost. Povišana koncentracija CO₂ v skladiščnih prostorih preprečuje naraščanje pH vrednosti beljaka in ohranja konsistenco beljaka. Ena izmed enostavnih metod za ohranjanje valilnosti je obračanje jajc med skladiščenjem, kot se jih obrača med valjenjem (Schulte-Drüggelte, 2011). Obračanje pripomore k temu, da je zarodek vedno znova izpostavljen novim virom hranilnih snovi, kar mu pomaga, da zdrži skozi daljše obdobje skladiščenja jajc. Schmidt in sod. (2002) so predlagali, da bi s spreminjanjem položaja jajc zmanjšali izgube vode po 7. dneh skladiščenja.

V kolikor jajce obrnemo s koničastim delom navzgor, zmanjšamo izhlapevanje vode. Obračanje jajc je pomembno, ker s tem onemogočimo, da bi se rumenjaki prilepili na membrane. Rumenjaki z blastodermom (majhna ploščica, ki je nosilec genskega zapisa jajca) mora ostati gibljiv, zato moramo jajca vsaj enkrat na dan obrniti pod kotom 45° v levo in nazaj v desno. Pozitivni učinek obračanja jajc na rezultate valjenja je večji pri valjenju jajc starejših starševskih jat (> 50 tednov), kot pri valjenju jajc mlajših starševskih

jat (< 35 tednov), verjetno na račun tanjše jajčne lupine in slabše kakovosti beljaka, ki se pojavljata pri jajcih starejših starševskih jat (Reijrink, 2011). Obračanje jajc torej preprečuje nekatere izgube pri valjenju, ki se lahko pojavijo pri dolgotrajnem skladiščenju valilnih jajc. Pozitiven učinek obračanja jajc med skladiščenjem na valilnost znaša med 2 % in 8 % (Reijrink, 2011). Elibol in Brake (2008) sta dokazala 6,6 % izboljšano valilnost pri jajcih, skladiščenih 14 dni, če so bila jajca med skladiščenjem obrnjena 96-krat na dan. V raziskavah Mahmuda in Pashe (2008) ter Sauveurja (1988) niso dokazali izboljšanja valilnih rezultatov z obračanjem jajc med skladiščenjem. Obrnjen položaj jajc med skladiščenjem, torej s koničastim delom navzgor, dokazano zmanjšuje izgube pri valjenju dolgotrajno skladiščenih valilnih jajc. Sistem še ni popolnoma pojasnjen, predvideva pa se, da z obrnjenim položajem jajca rumenjaki oz. zarodek »odplava« stran od zračnega mehurčka in je s tem manj izpostavljen morebitnim invazivnim mikroorganizmom (PPG, 1998).

3 MATERIALI IN METODE DE LA

Poskus smo zasnovali in izvedli na perutninskih obratih (farma, valilnica) Katedre za znanosti o rejah živali, Oddelka za zootehniko, Biotehniške fakultete. Iz dveh različno starih matičnih jat lahkega (nesnega) tipa smo skupaj zbrali 4349 sveže znesenih, čistih (neopranih) jajc, iz katerih so se valile križanke Prelux-G.

Prelux-G je dvopasemska križanka pozno operjenih rjavih kokoši (slovenska rjava kokoš) in zgodaj operjenih grahastih petelinov (slovenska grahasta kokoš). Dan stari piščanci imajo črn puh, grahasti vzorec postane viden šele nekaj tednov po izvalitvi. Prelux-G piščance lahko že prvi dan ločimo po spolu po hitrosti operjanja – petelinčki se operjajo pozno, jarčke zgodaj.

Matični jati za pridobivanje križancev Prelux-G sta bili uhlevljeni v talnem sistemu reje. V eni jati so bile na začetku poskusa živali stare 24 tednov (mlada jata), v drugi pa 65 tednov (stara jata). Razmerje med spoloma je bilo 1 grahast petelin na 10 rjavih kokoši. Živali so dobivale po volji popolno krmno mešanico za kokoši nesnice NSK (Jata Emona d.o.o., Ljubljana), ki je vsebovala 2700 kcal/kg metabolne energije in 16,2 % SB (surovih beljakovin). Tudi pitna voda je bila živalim vseskozi na voljo. Osvetljevalni program je vključeval 14 ur svetlobe in 10 ur neprekinjene teme.

S poskusom smo pričeli 29. 09. 2015 (prvo zbiranje jajc) in končali 05. 11. 2015 (izvalitev piščancev). Na dan zbiranja jajc smo vsa tisti dan znesena (sveža) jajca pripeljali s perutninske farme Krumperk, jih vizualno ločili po čistosti in čista jajca skladiščili 0 (sveža), 3, 6, 9, 12 in 15 dni. Da bi lahko vsa jajca istočasno vložili v valilnik, smo prva začeli zbirati 15 dni pred vlaganjem v valilnik, zadnja (sveža) pa smo na dan vlaganja pripeljali s farme, opravili na njih vse potrebne postopke in jih nato vložili v valilnik. Na dan zbiranja smo vsa pripeljana jajca znotraj posamezne starosti jate naključno razdelili v štiri podskupine. V prvi podskupini smo jajca dali v ogreti valilnik in jih 5 ur inkubirali pri temperaturi 37,8 °C in 60 % relativni vlagi. Po tem postopku smo jih zložili na kartonaste pladnje s koničastim delom navzdol in takoj premestili v hladilnico, kjer je bila temperatura 15 °C in relativna vlaga 75 %. V drugi podskupini je bil postopek enak kot v prvi, s to razliko, da smo jajca skladiščili s konico navzgor. V tretji podskupini jajc nismo predgrevali, temveč smo jih zložili na kartonaste pladnje s konico navzdol in takoj premestili v isto hladilnico, v katero smo dali jajca iz vseh podskupin. V četrti podskupini so bili na jajcih izvedeni enaki postopki kot v tretji podskupini, le da smo v četrti podskupini skladiščili jajca s konico navzgor. Skupno smo imeli 48 interaktivnih skupin: 2 starševski jati (mlada – stara) x 6 obdobja skladiščenja valilnih jajc x 2 sistema tretiranja (predgretje: da – ne) x 2 položaja valilnih jajc med skladiščenjem (koničast del jajca: gor – dol). Ponovitve so bile tri. TABELARNO JE ZASNOVA POSKUSA PRIKAZANA V PREGLEDNICAH 1 IN 2.

Preglednica 1: Število vloženih jajc in število izvaljenih piščancev glede na starost jate in čas skladiščenja

Starost jate	Skladiščenje jajc (v dnevih)	Število vloženih jajc	Število izvaljenih piščancev
Mlada (24 tednov)	0 (sveža)	520	436
	3	594	492
	6	567	462
	9	560	417
	12	520	381
	15	520	363
Skupaj – mlada jata		3281	2551
Stara (65 tednov)	0 (sveža)	172	126
	3	194	151
	6	176	142
	9	178	129
	12	177	132
	15	171	122
Skupaj – stara jata		1068	802
Skupaj – mlada in stara jata		4349	3353

Tako predgretje jajc kot kasnejših prvih 18 dni valjenja sta potekala v predvalilniku Petersime model S168, izvalitev piščancev (zadnji 3 dnevi valjenja) pa v izvalilniku Petersime model H168 (Petersime, Zulte, Belgija). Po obdobju skladiščenja smo na dan vlaganja jajca iz hladilnice za tri ure prestavili v prostor s sobno temperaturo (22 °C, 60 % relativna vlaga), da se je njihova temperatura postopoma zvišala in pred vlaganjem v valilnik ustalila. Jajca smo po posameznih skupinah stekali, jih vložili na lese predvalilnika s koničastim delom navzdol, razkužili s plinom formaldehidom (20 minut) in sprožili postopek valjenja.

Preglednica 2: Število vloženih jajc in število izvaljenih piščancev glede na starost jate, tretiranje jajc in položaj jajc med skladiščenjem

Starost jate	Predgretje	Položaj jajca: koničasti del	Število vloženih jajc	Število izvaljenih piščancev
Mlada (24 tednov)	Da	Gor	819	644
	Da	Dol	821	628
	Ne	Gor	820	643
	Ne	Dol	821	636
Skupaj – mlada jata			3281	2551
Stara (65 tednov)	Da	Gor	264	207
	Da	Dol	266	200
	Ne	Gor	270	204
	Ne	Dol	268	191
Skupaj – stara jata			1068	802

Prvih 18 dni je bila temperatura v predvalilniku nastavljena na 37,8 °C in relativna vlaga na 60 %. Avtomatsko obračanje jajc pod kotom 45° v levo oziroma 45° v desno se je v predvalilniku odvijalo enkrat na uro. Zadnje 3 dni pred izvalitvijo smo jajca preložili iz predvalilnika v izvalilnik, kjer je bila temperatura 37,2 °C in relativna vlažnost zraka 75 %.

Jajca posameznih skupin smo naključno porazdelili na predvalilniškem in izvalilniškem vozičku, da smo preprečili vpliv različnih temperaturnih nivojev znotraj predvalilnika oziroma izvalilnika. Ob prelaganju jajc v izvalilniški del (18. dan valjenja) smo jajca v posameznih skupinah stehali, da smo lahko določili delež izgubljene vode med predvaljenjem. Valjenje je bilo zaključeno po 21. dneh in takrat smo izvaljene piščance previdno pobrali iz izvalilniških les, jih ločili po spolu glede na hitrost operjenja in stehali s pomočjo elektronske tehtnice. Preostala neizvaljena jajca smo odprli in določili delež neoplojenih jajc in zamrtih zarodkov. Oplojenost jajc in delež zamrtih zarodkov smo izračunali glede na število vloženih jajc, valilnost pa glede na število vloženih in oplojenih jajc.

3.1 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Za potrebe statistične obdelave smo podatke pripravili z računalniškim programom Excel v okolju Windows in jih v nadaljevanju obdelali s statističnim paketom SAS (SAS/STAT, 2008). S proceduro UNIVARIATE smo testirali normalnost porazdelitve podatkov. S proceduro MEANS smo izračunali osnovne statistične parametre. Normalnost porazdelitve podatkov smo preverjali z grafično metodo (histogramom), dvema statističnima testoma (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) ter merama asimetrije (skewness) in sploščenosti (kurtosis). Porazdelitve vrednosti za lastnosti, ki so bile izražene v odstotkih, niso bile normalne. Zato smo pri teh lastnostih opravili arcsin transformacijo podatkov in s transformacijsko obliko $t = \arcsin\sqrt{x}$ iz prvotne spremenljivke x dobili novo spremenljivko t . Preverili smo, ali transformirana spremenljivka t izpolnjuje predpostavke, zaradi katerih smo transformacijo sploh izpeljali. Po opravljeni statistični analizi smo z obrnjeno transformacijo (kvadriranje sinusa: $x = [\sin(t)]^2$) statistične spremenljivke vrnil na nivo prvotnih vrednosti. Za obdelavo podatkov s statističnim modelom smo uporabili proceduro GLM (General Linear Models). Razlike med skupinami smo ovrednotili s pomočjo Tukeyevega testa. Razlike so bile statistično značilne pri $p < 0,05$. Uporabili smo naslednji statistični model:

$$y_{ijklmn} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E(A)_{mi} + AB_{ij} + AC_{ik} + e_{ijklmn} \quad \dots(1)$$

kjer je:

y_{ijklmn} = opazovana lastnost

μ = srednja vrednost populacije

A_i = vpliv starosti jate (i = mlada jata, stara jata)

B_j = vpliv starosti jajca (j = starost jajc: 0, 3, 6, 9, 12, 15 dni)

C_k = vpliv položaja jajca v času skladiščenja (k = koničasti del jajca dol, koničasti del jajca gor)

D_l = vpliv postopkov na jajcih med skladiščenjem (l = jajca predgreta, 2=jajca niso predgreta)

$E(A)_{mi}$ = vpliv m-te ponovitve znotraj i-te jate

AB_{ij} = vpliv interakcije med i-to starostjo jate in j-to starostjo jajca

AC_{ik} = vpliv interakcije med i-to starostjo jate in k-tim položajem jajca v času skladiščenja

e_{ijklmn} = ostanek

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 3 je prikazana statistična značilnost posameznih vplivov, ki smo jih vključili v statistični model. Starost starševske jate je statistično značilno vplivala ($p < 0,05$) na maso jajc ob vlaganju, absolutno izgubo mase jajc med valjenjem in na maso izvaljenih piščancev (preglednica 3).

Preglednica 3: Statistična značilnost sistematskih vplivov in dvosmernih interakcij na parametre valjenja

Parametri valjenja	P-vrednosti					
	Starost jate (mlada, stara)	Trajanje skladiščenja (0,3,6,9,12,15 dni)	Položaj jajca (koničasti del gor, koničasti del dol)	Tretiranje jajc (predgretje pred skladiščenje m: da – ne)	Interakcija starost jate x trajanje skladiščenja	Interakcija starost jate x položaj jajca
Masa jajca ob vlaganju (g)	0,0001	0,0001	0,2432	0,0003	0,0003	0,4159
Izguba mase jajca (g)	0,0001	0,0029	0,0032	0,0371	0,0077	0,0005
Izguba mase jajca (%)	0,3099	0,0251	0,0036	0,0036	0,0289	0,0006
Masa jarčk (g)	0,0001	0,0010	0,0683	0,1023	0,2637	0,0165
Masa petelinčkov (g)	0,0001	0,0001	0,5622	0,1933	0,0131	0,3157
Zamrti zarodki (%)	0,1063	0,0007	0,0926	0,7466	0,3358	0,2110
Neoplojena jajca (%)	0,7435	0,1260	0,5971	0,6306	0,0657	0,7204
Valilnost glede na število vložnih jajc (%)	0,1000	0,0001	0,0784	0,8671	0,3536	0,5087
Valilnost glede na število oplojenih jajc (%)	0,2145	0,0001	0,1150	0,7549	0,2113	0,3133
Razmerje petelinčki : jarčke	0,4283	0,2702	0,6231	0,4008	0,0512	0,1012

Neodvisno od starosti jate, položaja jajc med valjenjem in tretiranja jajc pred skladiščenjem je trajanje skladiščenja statistično značilno ($p < 0,05$) vplivalo na vse rezultate valjenja z izjemo deleža oplojenih / neoplojenih jajc in razmerja med spoloma ob izvalitvi. Položaj jajca med skladiščenjem (koničasti del gor, koničasti del dol) je značilno

vplival le na izgubo mase jajc v prvih 18. dneh valjenja. Predgretje jajc (5 ur pri 37,8 °C) pred skladiščenjem le-teh je vplivalo na razlike v masi jajc pred vlaganjem in na absolutno ter relativno izgubo mase jajc med valjenjem. Prav tako je interakcija med starostjo starševske jate in trajanjem skladiščenja statistično značilno ($p < 0,05$) vplivala na maso jajc pred vlaganjem ter na izgubo mase jajc med samim valjenjem. Tudi interakcija med starostjo starševske jate in položajem jajca med valjenjem je imela značilen vpliv na izgubo mase jajca in maso izvaljenih jarčk.

4.1 VPLIV STAROSTI MATIČNIH JAT

V poskusu uporabljena valilna jajca so izhajala iz dveh matičnih jat za pridobivanje križancev Prelux-G. Živali v prvi jati (mladi) so bile na začetku zbiranja valilnih jajc stare 24 in na koncu 26 tednov. V drugi jati (stari) so bile živali na začetku poskusa stare 65, pri zadnjem zbiranju jajc pa 67 tednov. Starostna razlika med jatama je torej znašala 41 tednov. Vpliv starosti jate na posamezne parametre valjenja, ki smo jih spremljali v poskusu, je prikazan v preglednici 4. Kot je razvidno iz preglednice 3, je starost matične (starševske) jate značilno ($p < 0,05$) vplivala na maso jajc ob njihovem vlaganju v predvalilnik ($p < 0,05$). Jajca iz starejše jate so bila ob vlaganju značilno težja od jajc iz mlajše jate. Vpliv starosti kokoši na maso jajca je dobro poznan (Hill in Hall, 1980; Silversides, 1994). Znana je močna povezava med starostjo jate in maso jajc, in sicer starejše kokoši nesejo težja jajca (Lourens in sod., 2006). Tako na primer nemška selekcijska hiša Lohmann za svoje komercialne nesnice »Lohmann brown – classic« (Lohmann Brown Classic Layers, 2016) navaja, da znaša povprečna masa znesenih jajc pri reji teh kokoši v kletkah 47,0 g (20. teden starosti), 65,1 g (45. teden starosti) in 68,1 g (70. teden starosti).

Preglednica 4: Vpliv starosti jate na parametre valjenja

Parametri valjenja	Starost	
	Mlada jata (LSM ± SE)	Stara jata (LSM ± SE)
Masa jajca ob vlaganju (g)	56,77 ^a ± 0,07	66,63 ^b ± 0,13
Izguba mase jajca (g)	6,32 ^a ± 0,03	7,49 ^b ± 0,05
Izguba mase jajca (%)	11,14 ^a ± 0,05	11,26 ^a ± 0,09
Masa jarčk (g)	46,82 ^a ± 0,27	53,28 ^b ± 0,48
Masa petelinčkov (g)	47,43 ^a ± 0,26	53,33 ^b ± 0,45
Zamrti zarodki (%)	11,36 ^a ± 0,01	13,52 ^a ± 0,03
Neoplojena jajca (%)	9,37 ^a ± 0,007	9,05 ^a ± 0,02
Valilnost glede na število vložnih jajc (%)	78,46 ^a ± 0,007	76,10 ^a ± 0,02
Valilnost glede na število oplojenih jajc (%)	87,27 ^a ± 0,01	85,52 ^a ± 0,03
Razmerje petelinčki : jarčke	1,09 ^a ± 0,04	1,16 ^a ± 0,07

LSM = ocenjena srednja vrednost, izračunana po metodi najmanjših kvadratov; SE = standardna napaka ocene

^{a, b} med srednjimi vrednostmi z različnimi indeksi znotraj iste vrstice obstajajo značilne razlike ($p < 0,05$)

Statistično značilno povezavo smo ugotovili tudi med absolutno izgubo mase jajca med skladiščenjem in starostjo jate ($p < 0,05$) (preglednica 4). Podatki kažejo, da izguba mase jajca (podana v gramih) narašča s povečanjem starosti jate. V povprečju je jajce iz mlade jate v prvih 18. dneh valjenja izgubilo 6,32 g, jajce iz starejše jate pa 7,49 g (preglednica 4). Jajca mladih jat se razlikujejo od jajc starejših jat v kakovosti jajčne lupine in beljaka (Tona in sod., 2004), zato bi lahko izgubo mase jajca razložili z izhajanjem vode skozi pore v jajčni lupini. Zaradi procesov, ki se odvijajo v beljaku s staranjem jajca, postaja vse več vode v jajcu proste (nevezane) in ta lahko izhlapeva skozi jajčno lupino (Zakaria in sod., 2009). Večja oziroma težja jajca imajo večji delež beljaka (in posledično večjo vsebnost vlage oziroma vode) kot majhna jajca. Po drugi strani imajo jajca starejših kokoši na splošno večje število por v jajčni lupini in revnejšo stopnjo pokritosti s kutikulo (Navarro in sod., 2013). Kutikula zapre pore v jajčni lupini in s tem pripomore k manjšim izgubam vlage iz jajca. V našem poskusu se izgube mase jajca, podane v odstotkih izhodiščne mase jajc, med jatama različnih starosti niso razlikovale. Večja jajca bi lahko imela težave pri izgubljanju vode, ker je njihovo razmerje med volumnom in površino večje kot pri manjših jajcih, kar pomeni, da se s povečevanjem začetne mase jajca zmanjšujejo odstotki izgubljene mase jajca. Naših rezultatov ne moremo razložiti s povezavo med maso jajca in njegovo površino, ampak prej s slabšanjem kakovosti jajčne lupine s staranjem starševske jate. Starost jate je imela značilen vpliv ($p < 0,05$) na maso izvaljenih piščancev in sicer tako jarček kot tudi petelinčkov (preglednica 4). Dobro je znano, da je masa izvaljenega piščanca primarno določena z maso jajca (62–78%) in sekundarno z izgubo mase jajca med valjenjem, maso ostankov jajca in jajčnih lupin, genotipom živali, časom in pogoji valjenja, starostjo starševske jate ter spolom piščanca (Shanawany, 1987; Wilson in Harms, 1988). V raziskavi Smerdujeve (2015) je povprečna masa izvaljenega piščanca Prelux-G ob vlaganju jajc težnostnega razreda L (63–73 g) predstavljala 66,44 %, ob vlaganju jajc težnostnega razreda M (53–63 g) pa 69,30 % začetne mase jajca. Podatki iz preglednice 4 razkrivajo, da so se iz jajc, ki so izhajala iz starejše jate, valili značilno težji petelinčki in jarčke, kar lahko pripisemo vplivu mase jajca. V povprečju je masa petelinčka, ki se je izvalil iz jajc mlade jate, predstavljala 83,5 %, masa jarčke pa 82,4 % začetne mase jajc. V primeru stare jate je masa petelinčka predstavljala 80,0 %, masa jarčke pa 79,9 % mase jajc ob njihovem vlaganju v valilnik. Ker torej masa piščancev s staranjem starševske jate narašča, je priporočljivo, da v valilnik vlagamo jajca starejših jat, saj si s tem zagotovimo težje piščance.

Slabšo valilnost in večji delež zamrtih zarodkov smo zabeležili pri valjenju jajc kokoši iz stare jate (preglednica 4). Več raziskovalcev poroča, da z naraščanjem starosti kokoši valilnost upada. V splošnem velja, da se valilnost glede na število oplojenih jajc zaradi zamiranja zarodkov s staranjem kokoši zmanjšuje. Iqbal in sod. (2016) navajajo več dejavnikov, ki prispevajo k slabši valilnosti jajc starejših jat; ti so večja velikost jajc, slabša kakovost jajčne lupine zaradi večje površine le-te, poslabšanje kakovosti beljaka ter povečana vsebnost holesterola v rumenjaku.

4.2 VPLIV PREDGRETJA JAJC PRED NJIHOVIM SKLADIŠČENJEM

Eden od načinov, s katerim lahko zmanjšamo negativne učinke dalj časa trajajočega skladiščenja valilnih jajc na rezultate valjenja, je ta, da jajca pred skladiščenjem za nekaj ur predgrejemo na temperaturi, pri kateri običajno valimo kokošja jajca.

Predgretje valilnih jajc pred njihovim skladiščenjem temelji na dejstvu, da razvojna stopnja zarodka (blastula) v času znesenja jajca slabše prenaša pogoje daljšega skladiščenja kot kasnejša razvojna stopnja (gastrula). Smisel predgretja je torej, da zarodek pred skladiščenjem jajc doseže razvojno stopnjo gastrule. V naši raziskavi smo del jajc takoj po znesenju in pred skladiščenjem v hladilnici inkubirali za 5 ur pri temperaturi 37,8° C v predhodno ogretem valilniku. Drugega dela jajc nismo predgrevali, temveč takoj skladiščili v enakih pogojih (isti hladilnici) kot predhodno predgreta jajca.

Preglednica 5: Vpliv predgretja jajc pred skladiščenjem le-teh na parametre valjenja

Parametri valjenja	Tretiranje jajc	
	Predgretje jajc pred skladiščenjem (LSM ± SE)	Brez predgretja pred skladiščenjem (LSM ± SE)
Masa jajca ob vlaganju (g)	61,46 ^a ± 0,09	61,94 ^b ± 0,09
Izguba mase jajca (g)	6,97 ^a ± 0,04	6,85 ^b ± 0,04
Izguba mase jajca (%)	11,34 ^a ± 0,07	11,05 ^b ± 0,07
Masa jarčk (g)	49,65 ^a ± 0,36	50,45 ^a ± 0,36
Masa petelinčkov (g)	50,09 ^a ± 0,34	50,68 ^a ± 0,34
Zamrti zarodki (%)	12,61 ^a ± 0,018	12,24 ^a ± 0,018
Neoplojena jajca (%)	9,01 ^a ± 0,013	9,42 ^a ± 0,013
Valilnost glede na število vložnih jajc (%)	77,40 ^a ± 0,012	77,19 ^a ± 0,012
Valilnost glede na število oplojenih jajc (%)	86,22 ^a ± 0,018	86,60 ^a ± 0,018
Razmerje petelinčki : jarčke	1,09 ^a ± 0,058	1,16 ^a ± 0,058

LSM = ocenjena srednja vrednost, izračunana po metodi najmanjših kvadratov; SE = standardna napaka ocene

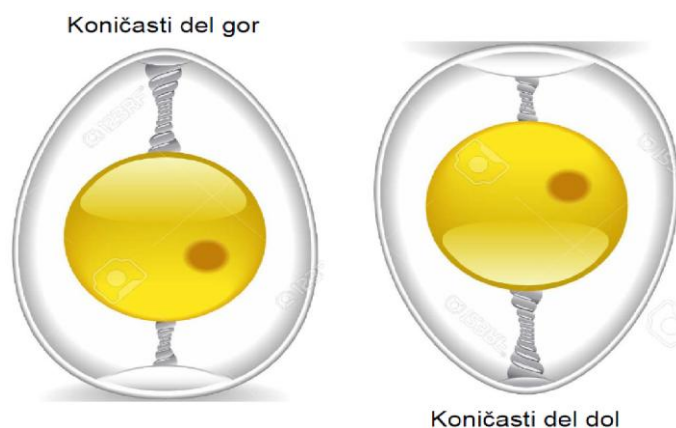
^{a, b} med srednjimi vrednostmi z različnimi indeksi znotraj iste vrstice obstajajo značilne razlike ($p < 0.05$)

Masa jajc ob vlaganju v valilnik je bila značilno ($p < 0,05$) manjša v primeru, ko smo jajca pred skladiščenjem predgreli (preglednica 5). Takšni rezultati so bili pričakovani, saj smo z izpostavljanjem jajc višji temperaturi povečali izhlapevanje vode iz jajca. Kljub temu, da smo v skupini, kjer smo jajca pred skladiščenjem predgrevali, v primerjavi s skupino, kjer jajc nismo predgrevali, povečali izgube mase jajc, te razlike niso vplivale na maso petelinčkov in jarčk, pogin zarodkov, neoplojenost in valilnost (preglednica 5). Rezultati naše raziskave ne potrjujejo rezultatov, do katerih so prišli Kosin (1956) ter Becker in Bearse (1958), ki so ugotovili, da segrevanje kokošjih jajc pri temperaturi 37,8 °C (5 ur) pred skladiščenjem izboljša valilnost. Fasenko in sod. (2001) so valilna jajca starševskih jat

za pitovne piščance segrevali pri temperaturi 37,8 °C različno dolgo časa (0, 6, 12 in 18 ur) ter jih potem skladiščili 4 ali 14 dni. Na valilnost 4 dni skladiščenih jajc predgrevanje ni imelo nobenega vpliva, valilnost 14 dni skladiščenih jajc pa je bila v primerjavi z enako dolgo skladiščenimi jajci, ki pred skladiščenjem niso bila predgreta, značilno boljša po 6 urah predgretja. Petek in Dikmen (2006) navajata, da je predgretje valilnih jajc kokoši težkega tipa pozitivno vplivalo na rezultate valjenj že pri 5 dni skladiščenih jajcih. Pri kokošnjih jajcih, skladiščenih manj kot 7 dni, predgretje nima nobenega učinka na valilnost. V kolikor so jajca skladiščena dalj časa, so učinki predgretja na valilnost lahko škodljivi ali koristni (Reijrink in sod., 2009). Majhne spremembe v postopku predgretja lahko povzročijo velike razlike v rezultatih valjenj. Lancaster in Jones (1988) sta ugotovila, da v primeru dolgotrajnega skladiščenja jajc več kot 5-urno predgretje poslabša valilnost piščancev. Tudi Petek in Dikmen (2006) poročata, da je imelo predgretje 15 dni skladiščenih valilnih jajc kokoši težkega tipa negativen vpliv na valilnost. Generalno gledano številne raziskave dokazujejo, da lahko predgretje valilnih jajc pred skladiščenjem prispeva k boljšim valilnim rezultatom, obstaja pa tudi veliko raziskav, kjer pozitivnih vplivov predgretja ni bilo zaznati oziroma so bili ti celo negativni. Po mnenju Ara in Meirja (1996) cit. po Seker in sod. (2006) ter Elibola (1997) cit. po Seker in sod. (2006) so lahko različni rezultati in s tem povezana priporočila posledica razlik v stopnji razvitosti zarodka v času zbiranja jajc (pred predgretjem), genotipa, starosti starševskih jat, števila jajc, vključenih v raziskavo, uspešnosti valjenja, trajanja in pogojev med skladiščenjem in časa predgrevanja.

4.3 VPLIV POLOŽAJA JAJCA MED SKLADIŠČENJEM

V komercialni praksi se valilna jajca skladišči s koničastim delom navzdol. Eden od razlogov za to je, da jih v enakem položaju vlagamo tudi v valilnike, drugi pa je dejstvo, da ponekod jajca skladiščijo na valilniških lesah, ki običajno ne omogočajo drugačnega položaja kot le s konico navzdol.



Slika 4: Dva položaja jajc v času njihovega skladiščenja (prirejeno po Label the parts..., 2015)

V preglednici 6 so prikazani rezultati po posameznih parametrih, ki smo jih spremljali v raziskavi, v odvisnosti od položaja jajc v času skladiščenja.

Položaj jajca med skladiščenjem statistično značilno vpliva ($p < 0,05$) na izgubo mase jajca; v kolikor so valilna jajca obrnjena s koničastim delom navzgor, se to odraži v povečani izgubi mase jajc v prvih 18. dneh valjenja (preglednica 6). Priporoča se, da so izgube vode med skladiščenjem čim manjše (Mayes in Takeballi, 1984; Brake in sod., 1993). Schmidt in sod. (2002) so predlagali, da bi izhlapevanja vode iz jajc zmanjšali na način, da bi jajca po 7 dneh skladiščenja obrnili s koničastim delom navzgor. V našem poskusu je skladiščenje jajc, obrnjenih s koničastim delom navzgor izboljšalo valilnost glede na vloženo število jajc za 2,53 % in valilnost glede na število oplojenih jajc za 2,23%, verjetno na račun manjšega pogina zarodkov.

Preglednica 6: Vpliv položaja jajca med skladiščenjem na parametre valjenja

Parametri valjenja	Položaj jajca med skladiščenjem	
	Koničasti del dol (LSM ± SE)	Koničasti del gor (LSM ± SE)
Masa jajca ob vlaganju (g)	61,79 ^a ± 0,10	61,61 ^a ± 0,10
Izguba mase jajca (g)	6,81 ^a ± 0,04	7,01 ^b ± 0,04
Izguba mase jajca (%)	11,03 ^a ± 0,07	11,37 ^b ± 0,07
Masa jarčk (g)	50,57 ^a ± 0,39	49,53 ^a ± 0,39
Masa petelinčkov (g)	50,53 ^a ± 0,36	50,23 ^a ± 0,36
Zamrti zarodki (%)	13,57 ^a ± 0,02	11,32 ^a ± 0,02
Neoplojena jajca (%)	9,48 ^a ± 0,015	8,95 ^a ± 0,015
Valilnost glede na število vložjenih jajc (%)	76,02 ^a ± 0,014	78,55 ^a ± 0,014
Valilnost glede na število oplojenih jajc (%)	85,28 ^a ± 0,021	87,51 ^a ± 0,021
Razmerje petelinčki : jarčke	1,14 ^a ± 0,058	1,10 ^a ± 0,058

LSM = ocenjena srednja vrednost, izračunana po metodi najmanjših kvadratov; SE = standardna napaka ocene;
^{a, b} med srednjimi vrednostmi z različnimi indeksi znotraj iste vrstice obstajajo značilne razlike ($p < 0,05$)

Podobno so Proudfoot (1967) ter Mujeer in sod. (1986, cit. po Elibol in Brake, 2008) poročali o manjšem številu zgodaj zamrtih zarodkov, ko so bila jajca obrnjena s koničastim delom navzgor v primerjavi s tistimi, ki so bila obrnjena navzgor s topim delom. V poskusu Elibola in Brakea (2008) je dolgotrajno skladiščenje valilnih jajc kokoši težkega tipa, obrnjenih s koničastim delom navzgor, izboljšalo valilnost. Štirinajstdnevno skladiščenje valilnih jajc, obrnjenih s koničastim delom navzgor, prispeva k manjšemu poginu zarodkov v zgodnji razvojni fazi, izboljša valilnost in poveča maso izvaljenih piščancev (Lima in sod., 2012). V našem poskusu položaj jajc med skladiščenjem ni značilno vplival na valilnost, zato opazovane lastnosti niso v interesu dejanske, praktične uporabe. Skladiščenje valilnih jajc, obrnjenih s koničastim delom navzgor, brez obračanja prispeva k boljši valilnosti, ki je dodatno obračanje jajc med skladiščenjem ne izboljša (Mayes in Takeballi, 1984; Butler, 1991). Skladiščenje jajc s koničastim delom navzgor pripomore k temu, da ohrani rumenjaki centralni položaj znotraj beljaka, kar zarodku nudi večjo zaščito pred dehidracijo in onemogoča zlepljenje z jajčnimi membranami, kar je za zarodek lahko letalno (Mayes in Takeballi, 1984). Medtem ko zgoraj omenjene raziskave izpostavljajo pozitivni vpliv skladiščenja valilnih jajc s koničastim delom navzgor na

valilnost, pa Oluyemi in George (1972, cit. po Elibol in Brake, 2008) ter Moudgal in sod. (1976, cit. po Elibol in Brake, 2008) med jajci, skladiščenimi 10 dni s koničastim delom navzgor ali koničastim delom navzdol, niso našli značilnih razlik v valilnosti glede na oplojena jajca.

4.4 VPLIV TRAJANJA SKLADIŠČENJA JAJC

Podatki o vplivu trajanja skladiščenja jajc na spremljane parametre valjenja so prikazani v preglednici 7.

Preglednica 7: Vpliv trajanja skladiščenja jajc na parametre valjenja

Parametri valjenja	Čas skladiščenja jajc					
	0 d (LSM ± SE)	3 d (LSM ± SE)	6 d (LSM ± SE)	9 d (LSM ± SE)	12 d (LSM ± SE)	15 d (LSM ± SE)
Masa jajca ob vlaganju (g)	62,37 ^a ± 0,18	61,79 ^{ab} ± 0,18	61,81 ^{ab} ± 0,18	62,22 ^a ± 0,18	61,22 ^{bc} ± 0,18	60,77 ^c ± 0,18
Izguba mase jajca (g)	6,86 ^{ab} ± 0,08	6,73 ^b ± 0,08	7,04 ^{ab} ± 0,08	7,17 ^a ± 0,08	6,81 ^b ± 0,08	6,84 ^{ab} ± 0,08
Izguba mase jajca (%)	11,02 ^{ab} ± 0,13	10,92 ^a ± 0,13	11,39 ^{ab} ± 0,13	11,51 ^b ± 0,13	11,12 ^{ab} ± 0,13	11,23 ^{ab} ± 0,13
Masa jarčk (g)	49,13 ^{ab} ± 0,68	49,01 ^{ab} ± 0,68	48,53 ^a ± 0,68	49,96 ^{abc} ± 0,68	51,57 ^{bc} ± 0,68	52,10 ^c ± 0,68
Masa petelinčkov (g)	50,69 ^{ab} ± 0,63	48,44 ^a ± 0,63	48,82 ^a ± 0,63	52,36 ^b ± 0,63	50,26 ^{ab} ± 0,63	51,72 ^b ± 0,63
Zamrti zarodki (%)	10,40 ^{abc} ± 0,060	9,70 ^{ab} ± 0,06	8,44 ^a ± 0,06	16,86 ^c ± 0,06	14,16 ^{abc} ± 0,06	16,08 ^{bc} ± 0,06
Neoplojena jajca (%)	8,36 ^a ± 0,04	7,95 ^a ± 0,04	9,13 ^a ± 0,04	7,73 ^a ± 0,04	10,39 ^a ± 0,04	12,05 ^a ± 0,04
Valilnost glede na število vložnih jajc (%)	80,57 ^{ab} ± 0,04	81,62 ^a ± 0,04	81,32 ^{ab} ± 0,04	74,27 ^{bc} ± 0,04	74,35 ^{bc} ± 0,04	70,85 ^c ± 0,04
Valilnost glede na število oplojenih jajc (%)	88,44 ^{abc} ± 0,06	89,41 ^{ab} ± 0,06	91,74 ^a ± 0,06	81,57 ^c ± 0,06	84,13 ^{bc} ± 0,06	81,72 ^c ± 0,06
Razmerje petelinčki : jarčke	1,04 ^a ± 0,101	1,21 ^a ± 0,101	1,06 ^a ± 0,101	0,96 ^a ± 0,101	1,23 ^a ± 0,101	1,23 ^a ± 0,101

LSM = ocenjena srednja vrednost, izračunana po metodi najmanjših kvadratov; SE = standardna napaka ocene

^{a, b} med srednjimi vrednostmi z različnimi indeksi znotraj iste vrstice obstajajo značilne razlike ($p < 0,05$)

V oplojenosti jajc nismo ugotovili statistično značilnih razlik ($p > 0,05$) med posameznimi starostnimi skupinami jajc. Po šestem dnevu skladiščenja je značilno ($p < 0,05$) padla valilnost glede na oplojena jajca. Ti rezultati so skladni z rezultati Demirela in Kırıkciya (2009), ki sta pri navadnem fazanu (*Phasianus colchicus*) ugotovila značilno boljše valilnost 7 dni starih kot 14 dni starih jajc. V nasprotju z njima Woodard in Morzenti

(1975) v valilnosti prepeličjih jajc, starih 7 in 14 dni, nista zaznala nobenih značilnih razlik. Valilnost, izračunana glede na število oplojenih jajc, je bila po 6 dneh skladiščenja v primerjavi z valilnostjo popolnoma svežih jajc boljša (preglednica 7). Do podobnih ugotovitev sta prišla Asmundson in MacLriath (1948), v katerih raziskavi so se nekaj dni skladiščena valilna jajca valila veliko bolje kot popolnoma sveža. Tudi Smerdujeva (2015) je najboljšo valilnost križancev Prelux-G (88,97 %) zabeležila pri jajcih, skladiščenih šest dni. Sveža jajca (vložena na dan znesenja) in jajca, starejša od 10 dni, so izkazovala značilno slabšo ($p < 0,05$) valilnost (Smerdu, 2015). S staranjem jajce izgublja CO₂ in vodo skozi pore v lupini, pH vrednost beljaka in rumenjaka naraščata, slabšata se kakovost (konsistenca) beljaka in trdnost vitelinske membrane, to je membrane, ki obdaja rumenjaka. Zdi se, da je najprimernejša pH vrednost beljaka za optimalen razvoj zarodka v prvih nekaj dneh valjenja med 8,2 in 8,8 (Walsh, 1993, cit. po Saker in sod., 2008). Ustrezen pH je pomemben, ker v zgodnjem razvoju zarodka sodelujejo encimi, katerih delovanje je odvisno od pH-ja. Po drugi strani nudi bazičen pH zarodku zaščito pred kontaminacijo s strani bakterij (Incubation guide, 2015). Valilno jajce torej mora izgubiti nekaj CO₂, da se valilnost izboljša, pri čemer se mora ta izguba zgoditi ob ravno pravem času (Onagbesan in sod., 2007). Prevelika izguba CO₂ iz jajca povzroči prekomerno naraščanje pH-ja, kar ima negativen vpliv na začetek embrionalne rasti ter na vitalnost zarodkov (Onagbesan in sod., 2007). Največji dvig v pH vrednosti se zgodi v prvih 3–4 dneh po znesenju jajca (Lapão in sod., 1999). S tem dejstvom je mogoče pojasniti, zakaj se iz popolnoma svežih jajc piščanci slabše valijo kot iz jajc, skladiščenih 6 dni (preglednica 7). Pogin zarodkov se je iz 8,44 % pri 6 dni skladiščenih jajcih dvignil na 16,86 % pri 9 dni skladiščenih jajcih in ta razlika je bila statistično značilna ($p < 0,05$) (preglednica 7). Na celičnem nivoju sproži dalj časa trajajoče skladiščenje valilnih jajc celično smrt in to povzroči razliko v vitalnosti zarodkov med jajci, skladiščenimi krajši in daljši čas. Zdi se, da do celične smrti pride zaradi nekroze (odmiranja) in apoptoze (Fasenko, 2007).

Posledica celične smrti je večji embrionalni pogin in posledično slabša valilnost (Fasenko, 2007). Tudi, če jajca skladiščimo pri temperaturi pod »fiziološko ničlo« (19 –27 °C; Decuyperre in Michels, 1992, cit. po Brake, 1997), in tudi, če med skladiščenjem ne opazimo nikakršnih večjih morfoloških sprememb, se pogostnost apoptotičnih (te sprožijo proces avtodestrukcije) ali nekrotičnih celic poveča takoj, ko se dvigne temperatura med skladiščenjem ali podaljša čas skladiščenja (Incubation guide, 2015). S staranjem jajca šibi vitelinska membrana, ki je pomemben branik v preprečevanju prehoda bakterij med rumenjacom in beljakom (Gast in sod., 2005; Kirunda in McKee, 2000). Slabitev vitelinske membrane povzroči, da je zarodek izpostavljen zelo bazičnemu okolju, ki naj bi bilo odgovorno za zgodnji embrionalni pogin (Reijrink in sod., 2008). Iz neznanega razloga se je s trajanjem skladiščenja jajc masa jajčkov povečala (preglednica 7). Masa jajc ob vlaganju v valilnike je bila na precej konstantni ravni vse do 9. dne skladiščenja. Po daljšem skladiščenju (12, 15 dni) je masa jajc značilno upadla (preglednica 7). Ti rezultati se ujemajo z rezultati, do katerih sta prišla Petek in Dikmen (2006), ki sta pri valilnih jajcih

kokoši težkega tipa ugotovila značilen vpliv trajanja skladiščenja na izgubo njihove mase. Po 15. dneh skladiščenja je bila izguba mase jajc za 72 % večja od izgube mase po 5. dneh skladiščenja (Petek in Dikmen, 2006). Izgubo mase lahko v glavnem pripišemo izhlapevanju vode in izgubi CO₂ iz beljaka skozi pore v lupini v zunanje okolje (Caner, 2005). Razlike v izgubi mase jajc, ki se pojavljajo med posameznimi študijami, je moč pripisati različno dolgemu času skladiščenja jajc, temperaturam v času skladiščenja, velikosti jajc in poroznosti lupin. Prehitra izguba vode iz jajca lahko ogrozi normalen razvoj zarodka. Raziskovalci poročajo o številnih okoljskih dejavnikih, ki naj bi vplivali na razmerje med spoloma pri pticah (Pike in Petrie, 2003). Petelinčki lahkinih linij rastejo počasi, potrebujejo velike količine krme in so slabo omišičeni. Ker torej za pitanje niso primerni, petelinčkov križancev lahkega tipa ne potrebujemo in jih po navadi že v valilnicah usmrtimo (Kaleta in Redmann, 2008). Prezgodnji zaključek življenja dan starih petelinčkov lahkega tipa vzbujajo skrbi in zgražanja posameznikov in društev za zaščito živali, ki zahtevajo, da se tej praksi naredi konec. Z vidika zaščite živali kot tudi z ekonomskega vidika bi bilo za perutninsko panogo zelo koristno, če bi s predgretjem jajc lahko vplivali na razmerje med spoloma ob izvalitvi predvsem v smeri, da bi se valilo več jarčk in manj petelinčkov lahkega tipa.

V naši raziskavi nismo ugotovili, da bi zaradi predgretja jajc prišlo do statistično značilnih sprememb v razmerju med spoloma (preglednica 7). Petelinčkov je bilo sicer več kot jarčk, vendar razlika ni bila značilna ($p > 0,05$). Naši rezultati se ne skladajo z ugotovitvami Boerjana (2016), poroča, da se je z vpeljavo 3- do 5-urnega predgretja 11 dni skladiščenih valilnih jajc kokoši provenience Lohmann valilo 3 do 7 % več jarčk kot petelinčkov.

4.5 VPLIV INTERAKCIJ

Interakcija je skupno, odvisno delovanje dveh ali več proučevanih dejavnikov na izid poskusa. Če je vpliv enega dejavnika na izid pri različnih ravneh drugega drugačen, govorimo o dvofaktorski interakciji. Statistična obdelava podatkov je pokazala dve statistično značilni ($p < 0,05$) interakciji in sicer interakcijo med starostjo jate in trajanjem skladiščenja jajc ter interakcijo med starostjo jate in položajem jajca v času skladiščenja (preglednica 8). Jajca, ki so izhajala iz stare jate, so bila ob vlaganju v valilnik težja od tistih iz mlade jate, vendar je bilo z naraščanjem starosti kokoši zmanjšanje mase jajc iz stare jate manjše od zmanjšanja mase jajc iz mlade jate. Zanimiva je statistična značilna interakcija med starostjo jate in položajem jajca na maso jarčk (preglednica 8). Ta interakcija je nastopila, ker se je pri vlaganju jajc iz stare jate s koničastim delom navzgor masa jarčk zmanjšala za 2,4 g, kar pa se ni zgodilo pri vlaganju jajc iz mlade jate. V povezavi s tem rezultatom je bila značilna interakcija med starostjo jate in položajem jajca za izgubo mase med valjenjem. Jajca iz stare jate, skladiščena s koničastim delom navzgor, so namreč izgubila več vode kot tista iz mlade jate. Na absolutno izgubo mase jajc med valjenjem je podaljšano skladiščenje močnejše vplivalo v primeru jajc iz mlade jate. Če pa

izgubo mase izrazimo v odstotkih, velja ravno obratno – v tem primeru je bila izguba mase večja pri jajcih, ki smo jih zbrali iz stare jate (preglednica 8).

Preglednica 8: Vplivi dveh interakcij na maso jajc ob vlaganju v valilnik, izgubo mase jajc in maso jarčk

Starost jate	Trajanje skladiščenja jajc (dnevi)	Položaj jajca	Masa jajca ob vlaganju (g)	Izguba mase jajca (g)	Izguba mase jajca (%)	Masa jarčke (g)
Mlada	0		57,80 ^a	6,47 ^{ab}	11,19 ^a	46,84 ^{ab}
Mlada	3		56,64 ^b	6,33 ^{ab}	11,19 ^a	45,05 ^a
Mlada	6		56,25 ^{bc}	6,33 ^{ab}	11,27 ^a	45,30 ^{ab}
Mlada	9		57,85 ^a	6,57 ^a	11,35 ^a	47,51 ^{abc}
Mlada	12		56,34 ^{bc}	6,13 ^b	10,88 ^a	48,39 ^{bc}
Mlada	15		55,73 ^c	6,11 ^b	10,97 ^a	47,84 ^{abc}
Stara	0		66,94 ^d	7,26 ^c	10,85 ^a	51,43 ^{cd}
Stara	3		66,95 ^d	7,12 ^c	10,65 ^a	52,96 ^d
Stara	6		67,38 ^d	7,75 ^c	11,51 ^a	51,76 ^d
Stara	9		66,60 ^d	7,78 ^c	11,68 ^a	52,41 ^d
Stara	12		66,09 ^d	7,49 ^c	11,35 ^a	54,74 ^d
Stara	15		65,81 ^d	7,56 ^c	11,50 ^a	56,37 ^d
Mlada		Koničasti del dol	56,80 ^a	6,34 ^a	11,17 ^a	46,66 ^a
Mlada		Koničasti del gor	56,74 ^a	6,30 ^a	11,11 ^a	46,99 ^a
Stara		Koničasti del dol	66,78 ^b	7,27 ^b	10,89 ^a	54,48 ^b
Stara		Koničasti del gor	66,48 ^b	7,72 ^b	11,62 ^a	52,08 ^b

^{a,b,c,d} med srednjimi vrednostmi z različnimi indeksi znotraj istega stolpca (ločeno po dveh interakcijah) obstajajo značilne razlike ($p < 0,05$)

5 SKLEPI

Predgretje valilnih jajc provenience Prelux-G za 5 ur pri temperaturi 37,8 °C ni pripomoglo k izboljšanju valilnosti do 15 dni skladiščenih jajc.

S skladiščenjem jajc v položaju s koničastim delom navzgor se je statistično značilno ($p < 0,05$) povečala izguba mase jajc med predvaljenjem. Pozitivni učinek na valilnost je bil v razponu od 2,2 do 2,5 %, podatek o izboljšanju valilnosti ni statistično značilen ($p > 0,05$).

Valilnost in vitalnost zarodkov sta hitro upadali po 6. dnevu skladiščenja valilnih jajc. Z ozirom na 3–6 dni skladiščena jajca, pri katerih je bila valilnost, računana na število vloženi jajc, največja (81,3–81,6 %), je bila valilnost 15 dni skladiščenih jajc značilno ($p < 0,05$) manjša za 10,6 % in je znašala 70,8 %.

Nobeden od proučevanih dejavnikov (trajanje skladiščenja jajc, predgretje pred skladiščenjem, starost matične jate, položaj jajca v času skladiščenja) ni značilno vplival na razmerje med spoloma ob izvalitvi.

6 POVZETEK

Skladiščenje jajc je obdobje, ki traja od znesenja jajca do začetka procesa valjenja v valilnikih. Zaradi logističnih težav (slaba nesnost starševskih jat, velika oddaljenost valilnice od farme ...) ter nihanj v povpraševanju po piščancih na trgu je dolgotrajno skladiščenje jajc včasih neizogibno, zato je veliko naporov raziskovalcev usmerjenih v proučevanje metod za zmanjšanje negativnih učinkov dalj časa skladiščenih jajc, predvsem pri valjenjih pitovnih piščancev. Slabše raziskane ali neraziskane so te metode pri jajcih kokoši lahkega tipa, zato smo se v naši raziskavi osredotočili na le-te. Želeli smo proučiti, kako različna starost starševskih jat, trajanje skladiščenja jajc, tretiranje jajc (predgretje) ter položaj jajc med skladiščenjem (koničasti del navzgor ali navzdol) vplivajo na različne parametre valjenja. Poizkus smo zasnovali in izvedli na perutninskih obratih Katedre za znanosti o rejah živali Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete v Ljubljani. Iz dveh različno starih matičnih jat (24 in 65 tednov) lahkega (nesnega) tipa smo skupaj zbrali 4349 sveže znesenih, čistih jajc, iz katerih so se valile križanke Prelux-G. S poskusom smo pričeli 29. 9. 2015 in končali 5. 11. 2015. Jajca smo skladiščili 0, 3, 6, 9, 12 in 15 dni in vsa od teh naključno razdelili v štiri podskupine. Da bi lahko vsa jajca istočasno vložili v valilnik, smo prva začeli zbirati 15 dni pred vlaganjem v valilnik. V prvi podskupini smo dali sveža jajca v ogreti valilnik in jih 5 ur inkubirali na temperaturi 37,8 °C in 60 % vlagi. Za tem smo jih zložili na kartonaste pladnje s koničastim delom navzdol in takoj premestili v hladilnico, kjer je bila temperatura 15 °C in relativna vlaga 75 %. V drugi podskupini je bil postopek enak s to razliko, da smo jajca skladiščili s koničastim delom navzgor. V tretji skupini jajc nismo predgrevali, temveč smo jih samo zložili na kartonaste pladnje s koničastim delom navzdol in premestili v isto hladilnico kot ostala jajca. V četrti podskupini je bil postopek enak kot v tretji, le da smo jajca skladiščili s koničastim delom navzgor.

Starost matične jate je značilno ($p < 0,05$) vplivala na maso jajc ob njihovem vlaganju v predvalilnik. Jajca iz starejše jate so bila ob vlaganju značilno težja (66,63 g) od jajc iz mlajše jate (56,77 g). Značilna je bila tudi povezava med izgubo mase jajca med skladiščenjem in starostjo jate ($p < 0,05$). Jajca iz mlade jate so v prvih 18-ih dneh valjenja v povprečju izgubila 6,32 g, jajca iz stare jate 7,49 g, ni pa bilo razlike med jatama v izgubi mase glede na odstotek izhodiščne mase. Starost jate je imela značilen vpliv ($p < 0,05$) tudi na maso izvaljenih piščančkov in sicer tako jarčk kot petelinčkov. Pri starejši jati je bila valilnost slabša, delež zamrtih zarodkov večji, vendar razlike niso bile statistično značilne. Predgretje pred skladiščenjem je značilno ($p < 0,05$) zmanjšalo maso jajc ob vlaganju v valilnik iz 61,94 g na 61,46 g, ni pa vplivalo na maso petelinčkov in jarčk, pogin zarodkov, neoplojenost in valilnost ter razmerje med spoloma. Položaj jajca med skladiščenjem je značilno vplival na izgubo mase jajca. Jajca s koničastim delom gor so povprečno izgubila 7,01 g, jajca s koničastim delom navzdol pa 6,81 g mase. Skladiščenje jajc s koničastim delom navzgor ni statistično značilno izboljšalo valilnost glede na vloženo število jajc za

2,52 % in valilnost glede na oplojeno število jajc za 2,23 %, verjetno na račun manjšega pogina zarodkov. Valilnost glede na število oplojenih jajc je bila najboljša pri jajcih, skladiščenih 3 dni (89,41 %) in 6 dni (91,74 %). Po šestih dneh skladiščenja je značilno padla. Pri šest dni starih jajcih je pogin zarodkov znašal 8,44 %, pri devet dni starih se je značilno dvignil na 16,86 %. S trajanjem skladiščenja se je iz neznanega razloga povečala masa jarčk. Do devetega dne skladiščenja je bila masa jajc ob vlaganju v valilnike na precej konstantni ravni, po daljšem skladiščenju se je značilno zmanjšala. Nobeden od proučevanih dejavnikov (trajanje skladiščenja, predgretje pred skladiščenjem, starost matične jate, položaj jajca v času skladiščenja) ni značilno vplival na razmerje med spoloma ob izvalitvi.

7 VIRI

- Arora K.L., Kosin I.L. 1966. Developmental responses of early turkey and chicken embryos to pre-incubation holding of eggs: Inter- and intra-species differences. *Poultry Science*, 45, 5: 958–970
- Arora K.L., Kosin I.L. 1968. The response of the early chicken embryo to pre-incubation temperature as evidenced from its gross morphology and mitotic pattern. *Physiological Zoology*, 41, 1: 104–112
- Asmundson V.S., MacLriath J.J. 1948. Preincubation tests with turkey eggs. *Poultry Science*, 27, 4: 394-401
- Aygun A., Sert D. 2013. Effects of prestorage application of propolis and storage time on eggshell microbial activity, hatchability, and chick performance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Poultry Science*, 92, 12: 3330–3337
- Bartlett F.M., Laird J.M., Addison C.L., Mckellar R.C. 1993. The analysis of egg wash-water for the rapid assessment of microbiological quality. *Poultry Science*, 72, 8: 1584-1591
- Becker W.A., Bearnse C.E. 1958. Pre-incubation warming and hatchability of chicken eggs. *Poultry Science*, 37, 4: 944-948
- Berrang M.E., Cox N.A., Frank J.F., Buhr R.J. 1999. Bacterial penetration of the eggshell and shell membranes of the chicken hatching egg - a review. *The Journal of Applied Poultry Research*, 8, 4: 499–504
- Bloom S.E., Muscarella D.E., Lee M.Y., Rachlinski M. 1998. Cell death in the avian blastoderm: Resistance to stress-induced apoptosis and expression of anti-apoptotic genes. *Cell Death & Differentiation*, 5, 6: 529–538
- Board R.G., Tranter H.S. 1995. The microbiology of eggs. V: *Egg Science and Technology*. Stadelman W.J. and Cotterill O.J. (eds.). London, The Haworth Press: 81-104
- Boerjan M. 2016. Pre-storage incubation and SPIDES : New procedures in hatching egg storage. Pas Reform.
<http://www.pasreform.com/academy/frequently-asked-questions/incubation/932-pre-storage-incubation-and-spides-new-procedures-in-hatching-egg-storage.html>
(8. jul. 2015)

- Bowman J. C. 1966. Storage of hatching eggs - An experiment on alternative methods of toring chicken hatching eggs. *British Poultry Science*, 7: 219-225
- Brake J., Walsh T.J., Benton C.E., Petite J.N., Meijerhof R., Peñalva G. 1997. Egg handling and storage. *Poultry Science*, 76, 1: 144–151
- Brake J, Walsh T.J., Vick S.V. 1993. Hatchability of broiler eggs as influenced by storage and internal quality. *Zootecnica International*, 16, 1: 30–41
- Bruce J., Drysdale E.M. 1994. Trans-shell transmission. V: *Microbiology of the Avian Egg*. 1st ed. Board R.G., Fuller R. (eds.). London, Chapman and Hall: 63–91
- Bruce J., Johnson A.L. 1978. The bacterial flora of unhatched eggs. *British Poultry Science* 19, 5: 681–689
- Butler D.E. 1991. Egg handling and storage at the farm and hatchery. V: *Avian Incubation*. Tullet, S.G. (ed.). Boston, Butterworth-Heinemann: 195–204
- Cadirci S. 2009. Disinfection of hatching eggs by formaldehyde fumigation – a review. *Archiv für Geflügelkunde*, 73, 2: 116–123
- Caner C. 2005. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 11:1897–1902
- Christensen V.L., Wineland M.J., Fasenko G.M., Donaldson W.E. 2002. Egg storage alters weight of supply and demand organs of broiler chicken embryos. *Poultry Science*, 81, 11: 1738–1743
- Demirel S., Kırıkçı K. 2009. Effect of different egg storage times on some egg quality characteristics and hatchability of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Poultry Science*, 88, 2: 440–444
- Edwards C.L. 1902. The physiological zero and the index of development for the eggs of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). Whitefish, Kessinger Publishing: 52 str.
- Egg washers. 2012. Reids assuring you a better deal.
<http://reidsequipment.co.uk/other-egg-equipment/egg-washers.html> (10. avg. 2015)
- Elibol O., Peak S.D., Brake J. 2002. Effect of flock age, length of egg storage, and frequency of turning during storage on hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Science*, 81, 7: 945–950

- Elibol O., Brake J. 2008. Effect of egg position during three and fourteen days of storage and turning frequency during subsequent incubation on hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Science*, 87, 6: 1237–1241
- Fairfull R.W., Gowe R.S. 1987. Research Note: Effect of preincubation storage of hatching eggs on subsequent performance of white leghorn hens. *Poultry Science*, 66, 3: 561–563
- Fasenko G.M. 2007. Egg storage and the embryo. *Poultry Science*, 86, 5: 1020–1024
- Fasenko G.M., Robinson F.E., Whelan A.I., Kremeniuk K.M., Walker J.A. 2001. Pre-storage incubation of long-term stored broiler breeder eggs: 1. Effects on hatchability. *Poultry Science*, 80, 10: 1406–1411
- Funk E.M., Forward J.F. 1960. The relation of angle of turning and position of the egg to hatchability of chicken's eggs. *Poultry Science*, 39, 3: 784–785
- Gast R.K., Holt R.P., Murase T. 2005. Penetration of *Salmonella Enteritidis* and *Salmonella Heidelberg* through the vitelline membrane in an in vitro egg contamination model. *Poultry Science*, 84, 4: 621–625
- Heath J.L. 1977. Chemical and related changes in egg albumen during storage. *Poultry Science*, 56, 3: 822–828
- Hill A.T., Hall J.W. 1980. Effects of various combinations of oil spraying, washing, sanitizing, storage time, strain, and age upon albumen quality changes in storage and minimum sample sizes required for their measurement. *Poultry Science*, 59, 10: 2237–2242
- Hutchison M.L., Walters L.D., Gittins J., Drysdale L., Sparks N. 2006. Egg washing using small-scale bucket washer. *World's Poultry Science Journal*, 61, 2: 259–267
- Hutt F.B., Pilkey A.M. 1930. Studies in embryonic mortality in the fowl. IV: Comparative mortality rates in eggs laid at different periods of the day. *Poultry Science*, 9, 3: 194–203
- Incubation guide. Hubbard (2015).
http://www.hubbardbreeders.com/media/incubation_guide_english030374800_0945_07012015.pdf (20. apr. 2016)

- Iqbal J., Khan S.H., Mukhtar N., Ahmed T., Pasha R.A. 2016. Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *Journal of Applied Animal Research*, 44, 1: 54–64
- Kaleta E.F., Redmann T. 2008. Approaches to determine the sex prior to and after incubation of chicken eggs and of day-old chicks. *World's Poultry Science Journal*, 64, 3:391–399
- Kirunda D.F.K., McKee S.R. 2000. Relation quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Science*, 79, 8: 1189–1193
- Kosin I.L. 1956. Studies on pre-incubation warming of chicken and turkey eggs. *Poultry Science*, 35, 6: 1384–1392
- Kosin I.L., Konishi T. 1973. Preincubation storage conditions and their effect on the subsequent livability of chicken embryos: Exogenous CO₂, plastic bags and extended holding periods as factors. *Poultry Science*, 52, 1: 296–302
- Label the parts of the egg by dragging the labels to the correct place before checking your answers. 2015.
http://resource.download.wjec.co.uk.s3.amazonaws.com/vtc/2015-16/15-16_09/eng/eggs/ACTIVITY%204/egg_label.html (4.feb.2016)
- Lancaster F.M., Jones D.R. 1988. Cooling of broiler hatching eggs during incubation. *British Poultry Science*, 29, 3: 597–606
- Lapão C., Gama L.T., Chaveiro Soares M. 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry Science*, 78, 5: 640–645
- Leclair K., Heggart H., Oggel M., Bartlett F.M., Mckellar R.C. 1994. Modelling the inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* in simulated egg wash-water. *Food Microbiology*, 11, 4: 345–353
- Leleu S., Herman L., Heyndrickx M., De Reu K., Michiels C.W., De Baerdemaeker J., Messens W. 2011. Effects on Salmonella shell contamination and trans-shell penetration of coating hens' eggs with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 145, 1: 43–48

- Lima J.C.S., Silva P.L., Coelho L.R., Borges M.S., Freitas A.G., Fonseca B.B. 2012. Effects of inverting the position of layers eggs during storage on hatchery performance parameters. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14, 4: 245–248
- Lohmann Brown Classic. 2016. Lohmann GB Limited
<http://www.lohmanngb.co.uk/lohmann-brown-classic> (1.jul.2016)
- Lourens S. 2002. Heating of hatching eggs before storage improves hatchability. *World Poultry*, 18, 1: 24-25
- Lourens A., Molenaar R., Van Den Brand H., Heetkamp M.J.W, Meijerhof R., Kemp B. 2006. Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. *Poultry Science*, 85, 4: 770–776
- Mahmud A., Pasha T.N. 2008. Effect of storage, pre-heating and turning during holding period on the hatchability of broiler breeder eggs. *Pakistan Veterinary Journal*, 28, 3: 153–154
- Mather C.M., Laughlin K.F. 1977. Storage of hatching eggs: The effect on early embryonic development. *British Poultry Science*, 18, 5: 597–603
- Mather C.M., Laughlin K.F. 1979. Storage of hatching eggs: The interaction between parental age and early embryonic development. *British Poultry Science*, 20, 6: 595–604.
- Mauldin J.M. 1999. Reducing contamination of hatching eggs. *Poultry Industry*, (6.mar.2008).
<http://en.engormix.com/MA-poultry-industry/articles/reducing-contamination-hatching-eggs-t1014/p0.htm> (15.nov.2015)
- Mayes F.J., Takeballi M.A. 1983. Microbial contamination of the hen's egg: a review. *Journal of Food Protection*, 12: 1092–1098
- Mayes F.J., Takeballi M.A. 1984. Storage of the eggs of the fowl (*Gallus domesticus*) before incubation: a review. *World's Poultry Science Journal*, 40, 2:131–140
- Meijerhof R. 1992. Pre-incubation holding of hatching eggs. *World's Poultry Science Journal*, 48, 1: 57–68
- Mine Y. 2008. *Egg bioscience and biotechnology*. 1st ed. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 362 str

- Navarro A.B.R., Dominguez-Gasca N., Munoz A., Ortega-Huertas M. 2013. Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and egg freshness. *Poultry Science*, 92, 11: 3026–3035
- Onagbesan O., Bruggeman V., De smit L., Debonne M., Witters A., Tona K., Everaert N., Decuyper E. 2007. Gas exchange during storage and incubation of avian eggs: effects on embryogenesis, hatchability, chick quality and post-hatch growth. *World's Poultry Science Journal*, 63, 4: 557–573
- Onbasilar E.E., Poyraz Ö., Erdem E. 2007. Effects of egg storage period on hatching egg quality, hatchability, chick quality and relative growth in Pekin ducks. *Archiv für Geflügelkunde*, 71, 4:187-191
<http://www.european-poultry-science.com/Effects-of-egg-storage-period-on-hatching-egg-quality-hatchability-chick-quality-and-relative-growth-in-Pekin-ducks,QUIEPTQyMTc5NDUuTUIEPTE2MTAxNA.html> (15. sep. 2015)
- PPG – Poultry production guide, 1998. Chapter 3: Incubation and hatching. Elsevier international, Dordrecht: 1–110
- Petek M., Dikmen S. 2004. The effects of prestorage incubation of quail breeder eggs on hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Animal Research*, 53, 6: 527–534
<http://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2004/06/z204034.pdf>
(15. sep. 2015)
- Petek M., Dikmen S. 2006. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggs on hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Czech Journal of Animal Science*, 51: 73–77
<http://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2004/06/z204034.pdf>
(12. nov. 2015)
- Pike T.W., Petrie M. 2003. Potential mechanisms of avian sex manipulation. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 78, 4: 553–574
- Proudfoot F.G. 1967. Advance note on the hatchability of chicken eggs stored small end up. *Canadian Journal of Animal Science*, 47: 142–143
<http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjas67-022> (15. sep. 2015)
- Reijrink I.V.R. 2011. Alternative egg storage methods: small end up or turning. Technical information. Hatchtech.

[http://hatchtechgroup.com/media/documenten/alternativeeggstorageethodsmallenduporturning\(1\).pdf](http://hatchtechgroup.com/media/documenten/alternativeeggstorageethodsmallenduporturning(1).pdf) (19. jan. 2016)

Reijrink I., Meijerhof R., Kemp B., Van den Brand H. 2008. The chicken embryo and its micro-environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*, 64, 4: 581–598

Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Graat E.A.M., Van den Brand H. 2009. Influence of prestorage incubation on embryonic development, hatchability, and chick quality. *Poultry Science*, 88, 12: 2649–2660
<http://ps.oxfordjournals.org/content/88/12/2649.full.pdf+html> (19. jan. 2016)

Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Van den Brand H. 2010a. Influence of egg warming during storage and hypercapnic incubation on egg characteristics, embryonic development, hatchability, and chick quality. *Poultry Science*, 89, 11: 2470–2483

Reijrink I.A.M., Van Duijvendijk L.A.G., Meijerhof R., Kemp B., Van den Brand H. 2010b. Influence of air composition during egg storage on egg characteristics, embryonic development, hatchability, and chick quality. *Poultry Science*, 89, 9: 1992–2000

Romanoff A.L., Romanoff A.J. 1949. Shell sealing treatments. V: *The Avian Egg*. New York, John Wiley and Sons, Inc.: 711–717

Rose S.P. 1997. *Principles of poultry science*. 1st ed. Wallingford, CABI: 135 str.

Ruiz J., Lunam C.A. 2002. Effect of pre-incubation storage conditions on hatchability, chick weight at hatch and hatching time in broiler breeders. *British Poultry Science*, 43, 3: 374–383

Sauveur B. 1988. *Reproduction des volailles et production d'oeufs*. INRA. Monnaie, Centre de Tours-Nouzilly: 449 str.

Schmidt G.S., Figueiredo E.A.P, Avila V.S. 2002. Incubação: estocagem de ovos férteis. *Embrapa - Comunicado Técnico*, št. 303: 5 str.

Schulte-Drüggelte R. 2011. Recommendations for hatching egg handling and storage. *Lohmann information*, 55–58
<http://d-nb.info/1011590069/34> (15. feb. 2016)

- Seker I., Bayraktar M., Kul S. 2006. Effect of pre-incubation long-term storage and warming on hatchability of Japanese quail eggs (*Coturnix coturnix japonica*). *Archiv für Geflügelkunde* 70, 1: 35–40
- Shafer A., Drewes W., Schwagele F. 1998. Analysis of vitelline membrane proteins of fresh and stored eggs via HPLC. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A* 206, 5: 329–332
- Shanawany M.M. 1987. Hatching weight in relation to egg weight in domestic birds. *World's Poultry Science Journal*, 43, 2: 107–115
- Shao P., Liao J.Y., Guan D.G., Yang J.H., Zheng L.L., Jing Q., Zhou H., Hu Qu L. 2012. Drastic expression change of transposon-derived piRNA-like RNAs and microRNAs in early stages of chicken embryos implies a role in gastrulation. *RNA Biology*, 9, 2: 212–227
- Silva F.H.A., Faria D.E., Torres K.A.A., Faria Filho D.E., Coelho A.A.D., Savino V. J.M. 2008. Influence of egg pre-storage heating period and storage length on incubation results. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 1: 17–22
- Silversides F.G. 1994. The Haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. *The Journal of Applied Poultry Research*, 120–126
- Smerdu T. 2015. Vpliv trajanja skladiščenja in mase valilnih jajc na valilnost piščancev. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 53 str.
- Spencer J.V., Pettibone C.A., Becker W.A. 1968. Hatchability of eggs stored in carbon dioxide. *Poultry Science* 47, 5: 1721
- Thermotes L. 2003. Effective hygiene within the hatchery. *International Hatchery Practice*, 20, 5: 18–21
<http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/hp20.5p18.pdf> (20. maj. 2016)
- Tona K., Bamelis F., Ketelaere de B., Bruggeman V., Moraes V.M.B., Buyse J., Onagbesan O., Decuypere E. 2003. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. *Poultry Science*, 82, 5: 736–741
- Tona K., Onagbesan O., De Ketelaere B., Decuypere E., Bruggeman V. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick

weight and chick posthatch growth to forty-two days. *The Journal of Applied Poultry Research*, 13: 10–18

Turblin V. 2008. Disinfection of hatching eggs. Importance and practical aspects. *Hatchery expertise Online*. (21. nov. 2008)
http://www.thepoultrysite.com/focus/contents/ceva/OnlineBulletins/ob_2008/Article-No21-Nov08.pdf (5. mar. 2016)

Van den Brand H., Reijrink I.A.M., Hoekstra L.A., Kemp B. 2008. Storage of eggs in water affects internal egg quality, embryonic development, and hatchling quality. *Poultry Science*, 87, 11: 2350–2357

Van de Ven L. Storage of hatching eggs in the production process. 2006. *Poultry Industry*. 17.11. 2006
<http://en.engormix.com/MA-poultry-industry/articles/storage-hatching-eggs-production-t234/p0.htm> (20. maj 2016)

Zakaria A.H., Plumstead P.W., Romero-Sanchez H., Leksrisompong N., Brake J. 2009. The effects of oviposition time on egg weight loss during storage and incubation, fertility, and hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Science*, 88, 12: 2712–2717

Ward J. D. Why are human eggs so tiny in relation to the size of an adult human, while chicken eggs are so large in relation to the size of an adult chicken? 2014. *Quora*. (15. sep. 2014)
<https://www.quora.com/Why-are-human-eggs-so-tiny-in-relation-to-the-size-of-an-adult-human-while-chicken-eggs-are-so-large-in-relation-to-the-size-of-an-adult-chicken> (16. nov. 2015)

Wilson H.R., Harms R.H. 1988. Chick weight varies directly with egg weight. *Poultry-Misset International*, 4: 10–13

Woodard A.E., Morzenti A. 1975. Effect of turning and age of egg on hatchability in the pheasant, chukar, and Japanese quail. *Poultry Science*, 54, 5: 1708–1711

ZAHVALA

Najprej bi se iskreno zahvalil mentorju, doc. dr. Dušanu TERČIČ za spodbudo, vse strokovne nasvete in popravke pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se recezentki, doc. dr. Vidi REZAR za strokoven in izčrpen pregled naloge ter predlagane popravke.

Zahvaljujem se predsedniku komisije, doc. dr. Silvestru ŽGUR za strokoven pregled naloge.

Zahvaljujem se knjižničnemu osebju, še posebno dr. Nataši Siard, za vse nasvete pri oblikovanju naloge in navajanju virov.

Zahvaljujem se ge. Sabini Knehtl za pomoč pri urejanju študijskih formalnosti in za vse spodbude v času študija.

Zahvaljujem se svojim domačim za spodbudo in podporo v času študija.

Zahvaljujem se vsem prijateljem in sošolcem za nepozabne trenutke, ki smo jih preživeli skupaj.

Iskrena hvala pa tudi partnerici Darji, za vso pomoč in podporo pri izdelavi te naloge.

Hvala.