

Pregled metoda induciranog mitarenja u suvremenoj peradarskoj proizvodnji

Potnešil, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:503340>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -
Repository of PHD, master's thesis](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
VETERINARSKI FAKULTET

SVEUČILIŠNI INTEGRIRANI PRIJEDIPLOMSKI I DIPLOMSKI
STUDIJ *VETERINARSKA MEDICINA*

DIPLOMSKI RAD

Petra Potnešil

Pregled metoda inducirano g mitarenja u suvremenoj peradarskoj proizvodnji

Zagreb, 2024.

Petra Potnešil

Odjel za veterinarsko javno zdravstvo i sigurnost hrane: Zavod za bolesti peradi s klinikom

Odjel za animalnu proizvodnju i biotehnologiju: Zavod za higijenu, ponašanje i dobrobit životinja

Predstojnici: izv. prof. dr. sc. Željko Gottstein, izvanredni profesor

izv. prof. dr. sc. Mario Ostović, izvanredni profesor

Mentorice: dr. sc. Liča Lozica, viša asistentica

prof. dr. sc. Kristina Matković, redovita profesorica u trajnom izboru

Članovi Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Željko Gottstein

2. prof. dr. sc. Kristina Matković

3. dr. sc. Liča Lozica

4. izv. prof. dr. sc. Mario Ostović (zamjena)

Rad sadržava 45 stranica, 3 slike, 5 tablica, 94 literaturna navoda.

ZAHVALE

Prvo se želim zahvaliti svojim mentoricama dr. sc. Liči Lozica i prof. dr. sc. Kristini Matković koje su mi svojim savjetima, uloženom trudu, strpljenju i znanjem pomogli u izradi ovoga diplomskog rada.

Također se želim zahvaliti svojoj obitelji i svojim prijateljima koji su mi bili oslonac i snaga kroz cijeli studij. Bez vaše podrške i razumijevanja ne bih bila ovdje. Ovaj diplomski rad posvećujem vama.

POPIS PRILOGA

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz proizvodnje jaja nakon indukcije mitarenja i gubitak mase tijekom mitarenja.

Tablica 2. Učinci metoda mitarenja na razinu joda u jajima nakon završetka istoga.

Tablica 3. Prosječna masa jetre, abdominalnih masnih naslaga i jajovoda u nesilica.

Tablica 4. Prikaz sastava smjese mitarenih skupina.

Tablica 5. Prosječna proizvodnja jaja kokoši nesilica podvrgnutih različitim metodama - prije i nakon tri do šest tjedana nakon mitarenja.

Popis slika

Slika 1. Jajovod kokoši.

Slika 2. Tri faze posta u induciranom mitarenju.

Slika 3. Prikaz usporedbe metoda koje se mogu koristiti za inducirano mitarenje.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	3
2.1. Dobrobit peradi.....	3
2.1.1. Općenito o dobrobiti.....	3
2.1.2. Dobrobit peradi u proizvodnji.....	4
2.1.3. Utjecaj induciranog mitarenja na dobrobit peradi.....	6
2.2. Mitarenje.....	8
2.2.1. Ženski spolni sustav kokoši.....	9
2.2.2. Građa jajeta.....	11
2.2.3. Fiziologija procesa mitarenja.....	12
2.2.3.1. Hormonska regulacija mitarenja.....	13
2.2.3.2. Uloga vitamina D i utjecaj mitarenja na pojedine organe.....	15
2.2.3.3. Promjene u imunološkom i hematopoetskom sustavu tijekom mitarenja.....	15
2.3. Zakonska regulativa mitarenja.....	16
2.4. Oblici i mogućnosti mitarenja.....	17
2.4.1. Konvencionalne metode.....	18
2.4.2. Alternativne metode.....	18
2.4.2.1. Kemijske metode	19
2.4.2.1.1. Hormoni i hormonski aktivne tvari.....	19
2.4.2.1.2. Minerali	23
2.4.2.2. Nekemijske metode.....	26
2.4.2.2.1. Začini.....	26
2.4.2.2.2. Biljni ekstrakti i sjemenke žitarica.....	27
3. RASPRAVA	31
4. ZAKLJUČCI	34
5. LITERATURA	35
6. SAŽETAK	43

7. <i>SUMMARY</i>	44
8. ŽIVOTOPIS.....	45

1. UVOD

Pojam peradarstvo obuhvaća uzgoj sve gospodarski iskoristive peradi. To se prvenstveno odnosi na proizvodnju kokoši, purana, gusaka i pataka, nešto manje na lovnu pernatu divljač te nojeve (PRUKNER-RADOVČIĆ i sur., 2017.). U Europi, peradarstvo je jedina animalna proizvodnja koja tijekom godina konstantno napreduje sa stopom rasta od 3%. Hrvatska je zemlja koja i dalje ovisi o uvozu mesa i jaja za zadovoljavanje vlastitih potreba, iako izvoz mesa peradi raste svake godine. Najveći svjetski proizvođač piletine je SAD, dok u Europi prvo mjesto pripada Ukrajini (ŠPILJAK, 2019.). Od ukupne poljoprivrede, peradarstvo čini 8% proizvodnje, dok njezin udio u stočarstvu čini 18% (ANTOLOVIĆ, 2020.). Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju ukupna proizvodnja mesa i jaja je prvotno doživjela pad. Razlog tomu je bila prilagodba standardima i zakonodavstvu koje je ista propisala. Ipak, posljednjih nekoliko godina taj trend se napušta, a peradarstvo sa proizvodnjom mesa i jaja doživljava porast (ANTOLOVIĆ, 2020.). Smjernicama globalnog izazova u proizvodnji hrane, do 2030. cilj je omogućiti dostupnost kvalitetne i nutritivno izbalansirane hrane koja je ujedno i sigurna, te održava prirodne resurse. Prema podacima Organizacije za prehranu i poljoprivredu (engl. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO), peradarstvo ublažava posljedice gladi u svijetu, te se procjenjuje rast konzumacije mesa peradi za 14%. Također raste i potrošnja jaja, prvenstveno jer su jeftina, hranjiva, lako se obrađuju i dodaju u drugu hranu. Uz to, meso i jaja peradi su prihvaćene u skoro svim kulturama, što osigurava nastavak napredovanja proizvodnje (ŠPILJAK, 2019.). Uzgoj peradi obuhvaća određene smjernice koje današnji proizvođači prate, a to su: uzgoj i držanje s jednom proizvodnom namjenom, uzgoj iste dobi na jednoj farmi te ista genetska osnova. Osnovu uzgoja uključuje princip „sve unutra-sve van“, gdje se nakon svakog turnusa se radi odmor objekta u trajanju od minimalno 14 dana, gdje se sve čisti, pere i dezinficira u svrhu pripreme objekta za novi proizvodni ciklus. Proizvodnja peradi može biti usmjerena na proizvodnju konzumnih ili rasplodnih jaja te proizvodnju tovnih pilića. Uspješnost uzgoja i proizvodnje se temelji na pravilnom odabiru zdravih hibrida, određenih proizvodnih svojstava i primjeni mjera za sprječavanje pojave, prijenosa i suzbijanja bolesti. Peradarstvo je ujedno i jedna od ponajviše industrijaliziranih proizvodnji u svijetu. Tako primjerice jedan radnik može brinuti za jato od 40 000 konzumnih nesilica koje proizvodu i do 12 000 000 jaja godišnje.

Proizvodne jedinice koje su svojim sadržajem prilagođene proizvodnoj namjeni nazivamo farme. Ona mora biti izgrađena na pravilno odabranoj lokaciji, imati uređen neposredni okoliš, pristupne puteve, ogradu, pravilan raspored nastambi (zbog lakše preventive

bolesti), mora biti strogo zaštićena te se na njoj mora nalaziti jedna dob i jedna proizvodna kategorija iste vrste peradi. Posljedično tomu, razlikujemo nekoliko vrsta farmi. Postoje farme za uzgoj „čistih“ linija i njihovo razmnožavanje – tzv. djedovske farme. One se nalaze kod proizvođača genetskog materijala i prvenstveno služe za održavanje linija genetski čistima, te selekciju i križanje radi poboljšanja proizvodnih svojstava i otkrivanje onih nepovoljnih. To su manje farme sa mjerama prevencije i suzbijanja bolesti najvišeg stupnja. Kokoši se ovdje drže podno, kako bi se oplodnja mogla odviti prirod im putem. Također postoje i roditeljske farme. One se od djedovskih razlikuju jedino po blažim biosigurnosnim. Pomladak s takvih farmi je namijenjen tovu ili stvaranju novog jata nesilica konzumnih jaja (PRUKNER-RADOVČIĆ i sur., 2017.). Bitna faza u proizvodnim ciklusima kokoši nesilica je mitarenje. To je fiziološki proces u kojemu ptice gube staro perje i zamjenjuju ga novim. U divljih ptica se događa prije hladnoga vremena ili selidbe, dok je u intenzivnim uzgojima potaknuto ljudskim postupcima. Komercijalno je uobičajeno da se jata nesilica drže za jednogodišnji ciklus nesenja, te se potom prodaju. Kod induciranog mitarenja, jata ostaju još jednu godinu u proizvodnji što vodi do veće proizvodnje jaja po nesilici i njihove poboljšane kvalitete. Na taj način smanjuje se broj potrebnih životinja za održavanje proizvodnje te se indirektno smanjuju troškovi proizvodnje i ulaganja u nove farme. Praksa induciranog mitarenja postala je popularna već 1930-ih, a počela se intenzivnije širiti sa povećanim brojem istraživačkih radova tijekom 1960-ih i 1970-ih godina. Mitarenje kod kokoši nesilica može biti potaknuto mijenjanjem fotoperioda, uskraćivanjem ili ograničavanjem hrane, odnosno davanjem smjesa s različitim koncentracijama minerala ili hormonski aktivnih tvari (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Početkom 20. stoljeća pojavio se koncept induciranog mitarenja uskraćivanjem hrane. Učinkovitost programa uklanjanja hrane se očituje u povećanju produktivnosti nakon mitarenja i ekonomskoj izvedivosti (PATWARDHAN i KING, 2011.). Ono predstavlja svjetsku praksu u peradarstvu koja značajno povećava proizvodni vijek kokoši nesilica, a time i profit uzgajivača. Međutim, problemi vezani uz dobrobit zbog ukidanja hrane uzrokuju stigmatu oko takvog načina induciranog mitarenja. S obzirom da se ono ne može izbjeći niti u potpunosti zabraniti, potrebno je pronaći nove alternativne metode bez uskraćivanja hrane i/ili vode koja će povoljno utjecati na dobrobit kokoši, proizvodnju jaja i na ekonomiju (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Cilj ovog rada je opisati i usporediti metode induciranog mitarenja peradi te navesti njihove koristi i nedostatke za upotrebu u suvremenoj peradarskoj proizvodnji.

2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1. Dobrobit peradi

2.1.1. Općenito o dobrobiti

Svijest o dobrobiti za životinje seže skroz do Pitagore, pa je tako on tvrdio kako treba smatrati ispravnim biti dobar prema životinjama. Dobrobit životinja i zakoni vezani uz nju razvijali su se i usvajali kroz dugi niz godina. Tako je 1641. u Koloniji Zaljeva Massachusetts izglasan zakon prema kojemu nitko nije mogao vršiti tiraniju ili biti okrutan prema životinji koja je bila pomoćnik u ljudskim poslovima. Godine 1978. UNESCO je izdao Opću deklaraciju Prava životinja, čiji tekst napominje kako životinje imaju prava. Ovdje su bili opisani i uvjeti uzgoja kojima se osiguravao određeni stupanj dobrobiti (MOURA i sur., 2006.). Pet temeljnih sloboda su prvi puta utemeljene 1965. godine u Velikoj Britaniji od strane povjerenstva na čelu s prof. Brambellom. Ona su revidirana 1979. godine i danas uključuju slobodu od gladi i žeđi, slobodu od neudobnosti, slobodu izražavanja vrsti svojstvenog ponašanja, slobodu od boli, ozljede i bolesti te slobodu od straha i stresa (PAVIČIĆ i OSTOVIĆ, 2013.). Veliki napredak učinkovitosti proizvodnje peradi i druge stoke dogodio se u posljednjih pedesetak godina. Iako je došlo do napretka, dobrobit u ovome pogledu možda i nije napredovala u skladu sa samom proizvodnjom (MOURA i sur., 2006.).

Opći dogovor oko definicije dobrobiti životinja kaže da ona predstavlja ravnotežu između same životinje i okoline koja ju okružuje. U praksi se to može shvatiti kao osiguranje zdravlja i udobnosti, uz izbjegavanje stresa kroz proizvodnju. Neki od problema u peradarskoj industriji su podrezivanje kljunova, gustoća naseljenosti, slobodan pristup hrani, toplinski stres i zagađivači zraka, a uređeni su u samo nekim zemljama. U isto vrijeme, nedostatak učinkovite procjene dobrobiti životinja predstavlja veliki problem za uspostavu odgovarajućih propisa za samu dobrobit, kao i za razvoj dodatnih spoznaja o njoj (MOURA i sur., 2006.). Uz dobrobit se navode i neki drugi pojmovi. Tako se okrutnost definira kao ravnodušnost prema boli ili patnji, dok se patnja može kategorizirati kao zanemarivanje (nemogućnost pružanja životinji osnovnih potreba, poput hrane, vode i skloništa), zlostavljanje (namjerno ozljeđivanje životinje), te uskraćivanje (ograničavanje slobode kretanja životinje ili onemogućavanje socijalizacije sa drugim jedinkama iste vrste) (MOURA i sur., 2006.). Dobrobit životinja ovisi o tome kako životinja može percipirati svoj životni okoliš, uzimajući u obzir fizičke i društvene aspekte toga okoliša. Neki od pokazatelja koji se koriste za određivanje stupnja dobrobiti su zdravlje

(smrtnost, pokretljivost i stupanj ozljeda), upravljanje (koji tip uzgoja se provodi u stadu ili jatu), fiziološke reakcije na stres (ritam disanja, tjelesna temperatura, varijacije u razinama kortizola) te u konačnici kvaliteta mesa (pH i pHu). Ipak, ponašanje i promjene u ponašanju su neki od najbitnijih pokazatelja dobrobiti (MOURA i sur., 2006.).

2.1.2. Dobrobit peradi u proizvodnji

Perad se može držati ekstenzivno i intenzivno. U Republici Hrvatskoj se većina peradi drži u velikim proizvodnim jedinicama koje su u vlasništvu nekoliko velikih proizvođača. Obiteljska poljoprivredna gospodarstva čine 38,10% ukupne peradarske proizvodnje, s time da se ovdje nesilice drže u slobodno (CRNČAN i sur., 2017.). Neovisno o obliku proizvodnje, važno je očuvati zdravlje jedinki, kvalitetan prostor i hranu. Kod ekstenzivnog načina držanja, pri nabavi peradi bitan je tzv. omjer spolova (npr. jedan pijetao i 10 kokoši/ jedan puran na 20 purica, te jedan patak/gusan na šest pataka/gusaka. Ovakav način omogućuje uzgoj malih jata, čistih linija i držanja više vrsta peradi istovremeno, te pozitivno djeluje i na dobrobit životinja. S druge strane, veća je mogućnosti zaraze i širenja različitih bolesti (npr. kolera, tuberkuloza, newcastleska bolest i dr.).

Intenzivno držanje peradi uključuje odabir peradi određenih proizvodnih svojstava i peradi otpornih na bolesti s ciljem očuvanja zdravlja, higijene i provedbe uspješnog managementa jata. Ovdje se grade nastambe koje imaju određenu mikroklimu, te nisu pod utjecajem vanjskih uvjeta okoliša. Peradnjaci mogu biti namijenjeni podnom ili kaveznom držanju peradi. Pri ovakvom načinu držanja veća je mogućnost pojave parazitarne invazije, koncentracije amonijaka i prašine su veće, ali je dobrobit veća u odnosu na kavezni način držanja. Potonje pruža prednosti u pogledu lakšeg cijepjenja, primjene lijekova, lakšeg kliničkog nadzora, sakupljanja jaja, te manje pojavnosti parazitarne invazije. Veliki nedostaci su nemogućnost kretanja i učestale tzv. kavezne bolesti (paralize). Kroz godine su se razvile brojne inačice kaveza, a osnovni razlog njihova korištenja u proizvodnji je bio visok higijenski nivo i jednostavnija kontrola zdravlja životinja u proizvodnji. Ovakvi sustavi uzgoja mogu sadržavati neobogaćene ili obogaćene baterijske kaveze. Neobogaćeni kavezi moraju osigurati minimalno 550 cm² korisne površine po kokoši; imati hranilicu i pojilicu dužine najmanje 10 cm po jednoj kokoši; ne smiju biti niži od 35 cm u bilo kojoj točki, te moraju sadržavati materijal za trošenje kandži. Potonje sadrže i obogaćeni baterijski kavezi. Međutim, ovdje se osigurava veća iskoristiva površina, gnijezdo, stelja koja omogućava kljucanje i čeprkanje, grede,

hranilice i pojilice veće dužine (NN 136/2005). Premda je kavezno držanje bio glavni sustav uzgoja u Republici Hrvatskoj, zabranom uporabe istih, većina proizvođača konzumnih jaja je prešla na obogaćene kaveze ili volijere (KRALIK i sur., 2013.). Način držanja i gustoće peradi može značajno utjecati na stupanj proizvodnje. Povezanost istoga su proučavali ANDERSON i sur. (2004.) u različitim fazama proizvodnje. Pretpostavka se temeljila na činjenici da držanje u kavezima može promijeniti normalne obrasce ponašanja i povećati učestalost stereotipnih ponašanja koja imaju negativan utjecaj na dobrobit kokoši. Potonje je važno za proizvodnju komercijalnih jaja, jer štetan učinak na dobrobit smanjuje produktivnost, a samim tim i prihod proizvođaču. Promatrana su dva komercijalna soja kokoši nesilica, Hy-Line W-36 (HY) i DeKalb XL (DK), koja su uzgajani odvojeno, kao jata kokoši u zatvorenom, ekološki kontroliranom prostoru. U ovoj studiji strah se povećavao zajedno s razinom proizvodnje, a potom polagano opadao nakon vrhunca iste. Također, kokoši držane u kavezima manje gustoće su imale veću proizvodnju jaja od onih držanih gušće. Iako gustoća kaveza nije uzrokovala značajne razlike u obrascima učestalosti ponašanja, agresiji ili strašljivosti, negativno je djelovala na produktivnost, što može značiti višu razinu stresa pri većim gustoćama (ANDERSON i sur., 2004.).

Dobrobit životinja u proizvodnji se može procijeniti na više načina. Tako se za procjenu dobrobiti može se pratiti oblik i stupanj vokalizacije u određenim situacijama ili uvjetima, koji primjenjuju široki spektar eksperimentalnim mjerenja, poput same vokalizacije, posturalnih reakcija i sl. (LE NEIDRE i sur., 2004.). Prednosti razumijevanja vokalizacije kokoši leže u činjenici da se provode neinvazivnim metodama, a ujedno su i objektivne. Nove tehnike mjerenja zvuka i analize mogu precizno klasificirati određene zvukove. Problem ovakvih analiza je istovremena buka okoliša koje može ometati rad uređaja, a kasnije i analizu dobivenih rezultata (LI i sur., 2019.). Stresna okruženja mogu povećati pojavu vokalizacije, dok obrasci ponašanja mogu biti povezani sa određenim stupnjevima dobrobiti koji potom olakšavaju njezinu procjenu (LE NEIDRE i sur., 2004.). Osim analize zvuka, mogu se koristiti i senzori s radio-frekvencijskim identifikacijskim uređajima koji prate lokaciju i kretanje svake kokoši pojedinačno te mogu prepoznati određena ponašanja i zabilježiti ih u obliku slike. Prednost razvoja ove moderne tehnologije je mogućnost praćenja i analiziranja ponašanja peradi na razini grupe, ali i individualno. Međutim, većina novih uređaja se primjenjuje samo u eksperimentalnim uvjetima (LI i sur., 2019.). DUNCAN i MENCH (1993.) predložili su korištenje bihevioralnog odgovora za prepoznavanje patnje, posebno prisutnosti frustracije i boli u različitim sustavima uzgoja. Nažalost, vrste odgovora peradi na različite stupnjeve patnje i stresa još uvijek nisu dobro poznati. Pilići, na primjer, mijenjaju svoje ponašanje kada su

izloženi toplinskom stresu kako bi održali tjelesnu temperaturu u granicama normale. S druge strane, određena specifična ponašanja mogu dovesti do proizvodnih gubitaka. Tako pretjerano dotjerivanje može uzrokovati oštećenje perja čime je perad osjetljivija na promjene temperature, podložnija je nekim bolestima ili kljucanju od strane drugih jedinki. Razumijevanje bihevioralnih reakcija može biti poveznica između dobrobiti životinja i uvjeta uzgoja, što bi moglo rezultirati smanjenjem proizvodnih gubitaka (MOURA i sur., 2006.).

2.1.3. Utjecaj inducirano mitarenja na dobrobit peradi

Inducirano mitarenje može značajno utjecati na dobrobit peradi u proizvodnji. Iako ono dovodi do bolje proizvodnje jaja, kvalitete ljuske, unutarnje kvalitete jaja i same stope proizvodnje, postavlja se pitanje koliko negativno to sve utječe na zdravlje kokoši (MOURA i sur., 2006.). Naime, ono je najčešće potaknuto uskraćivanjem hrane i/ili vode i smanjenjem fotoperioda (KOELKEBECK i ANDERSON, 2007.). Gladovanje dovodi do niza štetnih učinaka među kojima je povećana koncentracija kortikosteroida, kao posljedica stresa, što može oslabiti imunski sustav kokoši. U Sjedinjenim Američkim Državama inducirano mitarenje kokoši povezano je s povećanom pojavnosti bakterije *Salmonella* Enteritidis (PATWARDHAN i KING, 2010.). S druge strane, nedostatak vode rezultira porastom smrtnosti i stope morbiditeta u ranim fazama mitarenja (AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION, 2010.). Utjecaj inducirano mitarenja na dobrobit peradi su proučavali ANDERSON i sur. (2004.), pri čemu su zapazili kako je mitarenje u prvim danima dovelo do pojačane plašljivosti, što je moglo biti povezano sa nedostatkom hrane i gubitkom perja. Uz to, primijećena je povećana razina kortikosterona pri vrhuncu proizvodnje i tijekom procesa mitarenja. Fiziološki, ova razina proizvodnje kortikosterona tijekom vrhunca proizvodnje jaja i mitarenja potiče glukoneogeni podražaj u prilog fiziološkim potrebama kokoši, tj. potrebi za bjelančevinama i energijom koji podržavaju proizvodnju jaja. Nalazi u ovoj studiji pokazali su da mitarenje ne uzrokuje dugoročne negativne posljedice na ponašanje nesilica, stoga se sugerira da nedostatak hrane tijekom mitarenja ili nedostatak pristupa hrani ne izaziva direktno agresivno ponašanje. Zapravo, post sam po sebi ne izaziva povećanje agresije (ANDERSON i sur., 2004.). S druge strane, KOELKEBECK i ANDERSON (2007.) su proučavali promjene ponašanja vezane uz ukidanje hrane i razdoblja gladovanja, te su predložili uporabu alternativnih metoda mitarenja koje isključuju ukidanje hrane, što osigurava bolju dobrobit za same nesilice i olakšava prijelaz iz produktivnog stanja u stanje mirovanja. Osim promjena u ponašanju, dobrobit kod mitarenja

se procjenjuje i promjenama koje se javljaju u hematopoetskom sustavu. Tako je moguće povećanje volumena stanica koje dovodi do hemokoncentracije, uzrokujući daljnje zdravstvene komplikacije. Uz to, dolazi do pada mineralizacije medularne tibije i humerusa (MAZZUCO i HESTER, 2005.) i smanjenja zaliha kalcija u kostima, te opće iscrpljenosti.

2.2. Mitarenje

Odbacivanje staroga perja i rast novoga je prirodna pojava kod svih vrsta ptica, te uključuje i reproduktivno mirovanje (BURTON i BURTON, 1980.). Divlja perad (*Gallus gallus*) tijekom svog života prolazi kroz proces mitarenja, a tada reproduktivni sustav involuira, proizvodnja jaja prestaje i razvija se novo perje (SHERRY i sur., 1980.). Tijekom tog razdoblja, kokoš smanjuje unos hrane i gubi na težini za oko 20%, što se naziva „spontana anoreksija“ (engl. *spontaneous anorexia*) (SHERRY i sur., 1980.). Perad nastavlja s hranjenjem postupno nakon što se pilići izlegu i pri tome obnavlja svoje perje. Jedan od najekstremnijih primjera spontane anoreksije kod ptica može se vidjeti kod mužjaka carskog pingvina (*Aptenodytes forsteri*) koji su tijekom antarktičke zime odgovorni za inkubaciju jaja koje su položili njihovi partneri. Tijekom inkubacije, pristup hrani je vrlo ograničen i može dovesti do gubitka tjelesne težine i do 40% (LE MAHO, 1977.). Međutim, normalna je osobina svih ptica, uključujući i kokoši, da prežive s malo ili nimalo hrane (BERRY, 2003.). Poznato je da ptice selice, posebno obalne ptice, lete bez prestanka tisućama kilometara. Ovi letovi mogu trajati 100 sati (BATTLEY i sur., 2000.), a ptice za to vrijeme ostaju bez hrane i vode, oslanjajući se isključivo na tjelesne zalihe, unatoč visokim metaboličkim potrebama (BUTLER i WOAKES, 1990.).

Početak sezonske obnove perja kod divljih vrsta ptica često se podudara s inkubacijom jaja i odgojem podmlatka. Selekcijom nesilica na visoku proizvodnost s vremenom je otupio odgovor kokoši na znakove egzogenog okoliša i smanjio endogene biološke znakove koji dovode do početka sezonske zamjene perja. Induciranim mitarenjem se postiže regresija i regeneracija reproduktivnog trakta, što kasnije poboljšava proizvodnju jaja i kvalitetu ljuske. Uz to se javlja i repopulacija timusa te regeneracija limfatičnog tkiva, što može poboljšati imunološke odgovore u kokoši. Ipak, tijekom samog procesa dolazi do prolaznog smanjenja broja određenih klasa limfocita čime dolazi do povećane osjetljivosti na infekcije (BERRY, 2003.). Razdoblje tijekom posta i nakon dohrane, kada je proizvodnja jaja na nuli, smatra se razdobljem odmora. S ponovnim početkom proizvodnje, obrok nesilica se vraća u normalu kao i ostali okolišni uvjeti u kojima se nalaze. Stoga, duljinom mitarenja smatramo vrijeme od početka uskraćivanja hrane do 50% proizvodnje jaja. Općenito se kreće u rasponu od 5 do 9 tjedana (BERRY, 2003.).

Konvencionalno inducirano mitarenje obično uključuje ukidanje hrane, vode ili oboje i smanjenje fotoperioda. Promjena duljine dana smatra se primarnim okolišnim čimbenikom odgovornim za izazivanje mitarenja kod mnogih vrsta ptica (ROWAN, 1926.). Fotoperiodične promjene utječu na cirkadijalne i cirkannualne ritmove. Oni pak djeluju kroz živčani i endokrini

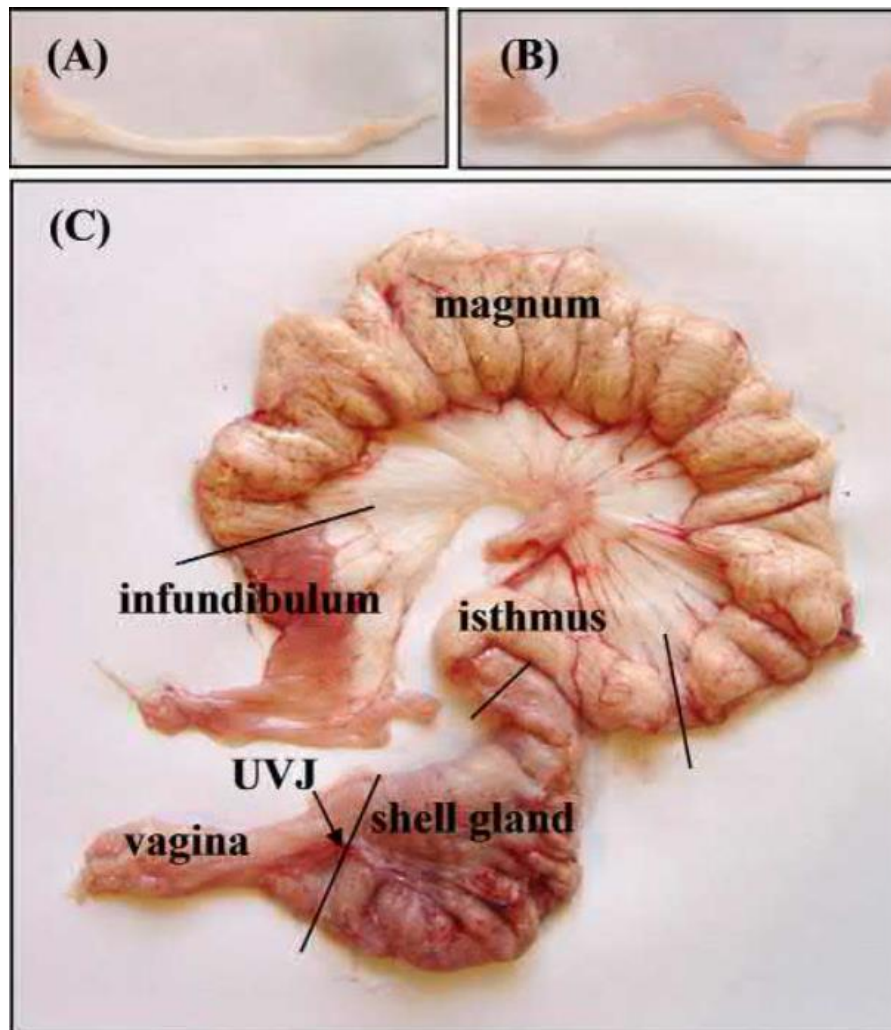
sustav, te pokreću fiziološke procese koji dovode do nemira, promjena u reproduktivnim funkcijama i obnovi perja (FOLLETT, 1973.). Uz navedeno, postoje i alternativne metode koje se temelje na primjeni posebno formuliranih krmnih smjesa sa manjkom ili viškom pojedinih nutrijenata bez potrebe za potpunim uskraćivanjem hrane i vode.

2.2.1. Ženski spolni sustav kokoši

Spolni sustav većine ptica se razlikuje od sisavaca zbog činjenice da imaju razvijen samo lijevi jajnik i jajovod. Njihov razvoj je pod utjecajem hormona hipotalamusa, hipofize i jajnika te ostalih čimbenika. Kod ženki se razvija lijevi Müllerov kanal i jajnik. Müllerov kanal će se kasnije razviti u jajovod zbog djelovanja estrogena i odsutnosti anti-Müllerovog faktora (SCANES i DRIDI, 2021.). Spolni sustav se sastoji od jajnika, jajovoda i kloake, koja se sastoji od proktodeuma, urodeuma i koprodeuma. Jajnik kokoši nesilice sadrži folikule različite veličine i stupnja razvoja, te se na njemu razlikuju prehijerarhijski folikuli (primordijalni i primarni folikuli ugrađeni u stromu sa promjerom <1 mm, bijeli folikuli >1-4 mm, i žučkasti folikuli >4-8 mm); predovulacijski žuti folikuli (>8-36 mm; Fn-F1) i nekoliko postovulatornih folikula (POF) u različitim fazama regresije (POF1-POFn). Najveći folikul (F1) je najrazvijeniji i prvi ovulira (SCANES i DRIDI, 2021.).

Jajovod se sastoji od infundibuluma, magnuma, isthmusa, uterusa i vagine, te uterovaginalnog spoja (engl. *uterovaginal junction*, UVJ) (Slika 1). Infudibulum u svom distalnom dijelu ima cjevaste žlijezde koje imaju funkciju stvaranja halaza. On ujedno i prihvaća jajnu stanicu koja se oslobađa prilikom ovulacije, te se ovdje dogodi oplodnja i nastaje prvi sloj bjelanjka. Potom slijedi magnum, koji čini najveći dio jajovoda. Ujedno se ovdje nalaze i tri vrste cjevastih žlijezdi. Žlijezde A i C koje se sastoje od jedne vrste stanica, ali s različitim fazama sekretorne aktivnosti, dok se žlijezda B sastoji od drugačijeg tipa stanica. Isthmus je kratki dio jajovoda, odvojen od magnuma prozirnomo linijom koja čini neglandularni dio. Unutarnja i vanjska membrana ljuske jajeta, koja okružuje bjelanjak nastaje tijekom prolaska kroz ovaj dio jajovoda. Uterus ima početni kratki, cjevasti dio i veći vrećasti dio. U njemu se nalazi ljuskovna žlijezda odgovorna za proizvodnju kalcificirane ljuske jajeta. Sluznica je oblikovana u brojne listove nabora, sa sekundarnim naborima na površini i manje proširenim slojem razgranate cjevaste žlijezde. Stanice tubularne žlijezde proizvode većinu ljuske jajeta. Vagina je uski kanal, odvojena od ljuskaste žlijezde uterovaginalnim mišićnim

sfinkterom i otvara se u proktodeum kloake, a dobro razvijeni imuni sustav sprječava invaziju mikroorganizmima iz kloake u ovaj dio spolnog sustava (SCANES i DRIDI, 2021.).



Slika 1. Jajovod kokoši. (A) Jajovod pilenke u razvoju, oko 7 tjedana prije sazrijevanja. (B) Jajovod pilenke u razvoju, oko 3 tjedna prije početka polaganja jaja.

(C) Dijelovi jajovoda kokoši nesilice.

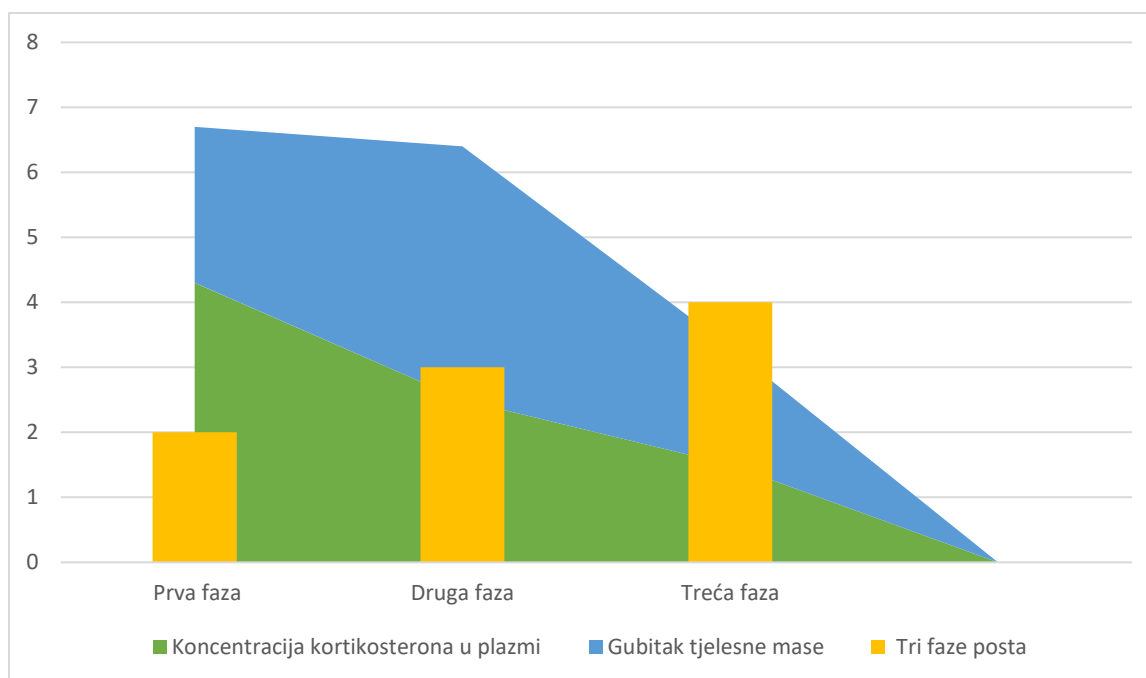
(preuzeto iz: SCANES i DRIDI, 2021.)

2.2.1. Građa jajeta

Ptičje jaje sadrži sve hranjive tvari za razvoj nove jedinke. Sastoji se od žutanjka, koji čini 32-35% jajeta, bjelanjka koji čini 52-58%, te ljuske. U žutanjku i bjelanjku se pohranjuju bjelančevine, lipidi, minerali, faktori rasta i vitamini. Lipidi služe kao glavni izvor energije za rast embrija. Ljuska jajeta sudjeluje u izmjeni plinova i vode, osigurava kalcij i štiti embrij od fizičkih utjecaja i patogena. Žutanjak se sastoji od 48% vode, 33% lipida, 17% bjelančevina i manjeg postotka ugljikohidrata. Lipidi žutanjka uglavnom uključuju trigliceride, fosfolipide, kolesterol i cerebrozid. Bjelanjak je rezervoar vode, bjelančevina i minerala za razvoj embrija, te štiti žutanjak od invazije patogena. U usporedbi sa žutanjkom, uglavnom se sastoji od vode (86-89%), a ostatak čine bjelančevine (10%), ugljikohidrati (1%) te minerali i lipidi koji dolaze u tragovima. Ovdje se od vitamina akumuliraju niacin i riboflavin. Bjelanjak obiluje mineralima poput klora, magnezija, kalija, natrija i sumpora (SCANES i DRIDI, 2021.). Ljuska jajeta je s vanjske strane presvučena tankim slojem mucina, to jest kutikulom. Ispod nje nalazimo još dva sloja, kompaktni i spužvasti (KRALIK i sur., 2008.). S unutrašnje strane je smještena zračna komora, nastala kao posljedica hlađenja jaja i sakupljanja njegovog sadržaja (KRALIK i sur., 2007.). Kemijski sastav je uglavnom anorganskog podrijetla (95%), dok ostatak čine bjelančevine (3,3%) i vlaga (1,6%) (JURIĆ i sur., 2005.).

2.2.3. Fiziologija procesa mitarenja

Inducirano mitarenje je potaknuto postom u kojemu razlikujemo tri različite faze (Slika 2). Početna faza prilagodbe traje kratko, ne više od nekoliko dana, i uključuje metabolički prijelaz na fiziološko održavanje posta. Bazalni metabolizam opada, te dolazi do stimulacija osovine hipotalamus-hipofiza nadbubrežna žlijezda i povećava se razina kortikosterona u plazmi (WEBSTER, 2003.). U kokoši, kortikosteron može povećati ili inhibirati reproduktivnu funkciju ovisno o sezoni, okolišu i dostupnosti hrane (CARSIA i HARVEY, 2000.). Njegovo pojačano lučenje pomaže nesilicama održati euglikemiju tijekom vremena potrebnog za uključivanje metaboličkih mehanizama, koji stvaraju zalihe glukoze iz katabolizma masti. Uz to, glikogen u jetri brzo nestaje, te se uspostavlja glukoneogeneza. Također, povećanje koncentracije kortikosterona u plazmi također može biti povezano s povećanjem budnosti i potražnjom hrane (WEBSTER, 2003.). Druga faza može trajati nekoliko tjedana ili mjeseci. Za to vrijeme se nastavlja dnevni gubitak tjelesne mase, a lokomotorna aktivnost je smanjena radi očuvanja energije. Koncentracije kortikosterona u plazmi su sada niske (WEBSTER, 2003.). Skoro sav utrošak energije potječe iz katabolizma masti, npr. 93 do 94% kod domaćih gusaka (LE MAHO i sur., 1981.). U ovoj fazi je minimalan katabolizam bjelančevina. Prijelaz u treću fazu karakterizira potrošnja bjelančevine i ptica doživljava ubrzani gubitak mišićne mase. Nastavlja se katabolizam masti zajedno sa katabolizmom bjelančevina radi zadovoljavanja energetske potrebe. Na kraju će se iscrpiti i rezerve lipida, mišićna masa će se izgubiti i ptice dolaze do točke debilitacije. Posljedično postaju nepomične, što s vremenom dovodi do uginuća. Stoga je bitno napomenuti kako se kontroliranim mitarenjem sprječava prelazak nesilica u treću fazu posta (WEBSTER, 2003.). Kroz cijelo ovo razdoblje nesilice gube na tjelesnoj težini. Tako je u početnoj fazi gubitak mase u prosjeku 47 g/kg po danu. Potom, u drugoj fazi iznosi od 15 g/kg po danu tijekom prve polovice razdoblja i 13 g/kg po danu tijekom druge polovice. Ukupno se može izgubiti i do 25% početne tjelesne težine, ovisno o metodi samoga mitarenja (WEBSTER, 2003.).



Slika 2. Tri faze posta u induciranom mitarenju. (prilagođeno prema: WEBSTER, 2003.)

2.2.3.1. Hormonska regulacija mitarenja

Preduvjet za pojavu mitarenja je reproduktivna neaktivnost, za čiji je početak bitna štitnjača. Osovine hipofiza-jajnik i hipofiza-štitnjača od iznimne su važnosti za kontrolu obnove perja tijekom induciranog prestanka polaganja jaja (DECUYPERE i VERHEYEN, 1986.). Indukcija mitarenja je popraćena prvo povećanjem tiroksina (engl. *thyroxine*, T4), a zatim trijodtironina (engl. *triiodothyronine*, T3) (VERHEYEN i sur., 1983.). Prirodni proces mitarenja izražen je kada jajnik postane atretičan, što dovodi do smanjenog otpuštanja estrogena koji prekida postojeću potisnutu aktivaciju pernih folikula. Estrogeni su općenito prihvaćeni kao inhibitori aktivnosti folikula perja (STAKE i sur., 1979.). Također je zabilježeno da povišene razine kortikosteroida dovode do prestanka polaganja jaja i atrofije gonada (VAN TIENHOVEN, 1981.). Suprotno tome, tijekom polaganja jaja koncentracija prolaktina polagano raste i na kraju dovodi do smanjenog otpuštanja gonadotropin-oslobađajućeg hormona (engl. *gonadotrophin-releasing hormone*, GnRH), a potiče oslobađanje luteinizirajućeg hormona (engl. *luteinising hormone*, LH) iz hipofize (TABIBZADEH i sur., 1995.). U divljih vrsta peradi, endokrine promjene koje se javljaju na početku mitarenje pod utjecajem su visoke razine prolaktina. To na kraju inhibira osovinu hipotalamus-hipofiza-

gonada. Međutim, u intenzivno držanih nesilica, koncentracija prolaktina u plazmi se neznatno povećava ili se uopće ne povećava (VERHEYEN i sur., 1983.).

Steroidi jajnika također igraju ulogu tijekom procesa mitarenja. Regresija jajnika počinje ubrzo nakon početka gladovanja s padom estradiola i progesterona (ETCHES i sur., 1984.). Egzogeni tretman peradi s antigonadotropnim spojevima kao što su progesteron ili prolaktin potiču zamjenu perja i involuciju spolnog sustava (TANABE i KATSURAGI, 1962.). Kastracija odrasle domaće peradi rezultira kontinuirano opadanjem perja, koje se poništava davanjem egzogenih spolnih hormona (ASSENMACHER, 1958.). Također, hipofizektomirane ptice intenzivno mijenjaju perje 2 tjedna nakon uklanjanja hipofize i čine to konstantno, uz regresiju gonada (ASSENMACHER, 1958.). Luteinizirajući hormon stimulira rast folikula jajnika, što zajedno sa fotostimulacijom dovodi do sazrijevanja jajnih folikula i početka proizvodnje estradiola i progesterona. Kada se kokoši ponovno izlože dugom danu, nakon mitarenja, hipotalamično oslobađanje GnRH se nastavlja, a odgovor hipofize se obnavlja. To rezultira povećanjem koncentracije LH, što stimulira razvoj jajnika i proizvodnju steroidnih hormona jajnika (BERRY, 2003.). Osim steroidnih hormona jajnika, ranija istraživanja upućuju na značajnu ulogu hormona štitnjače u kontroli mitarenja. Tako su pilići hranjeni štitnjačom sisavaca gubili perje, a u mužjaka je ono počelo nalikovati perju ženki (BERRY, 2003.). VAN DER MUELEN (1939.) je predložio da je aktivnost štitnjače primarno odgovorna za gubitak i zamjenu perja. Isto tako je primijetio da liječenje štitnjače ne utječe na reproduktivni ciklus. Iz ovoga proizlazi zaključak kako su gubitak perja i reproduktivna funkcija zasebno kontrolirani (BERRY, 2003.). Osim prethodno navedenih hormona, od iznimne je važnosti i GnRH. On je ključan u reprodukciji svih kralježnjaka, a regulira lučenje LH i folikulostimulirajućeg hormona (engl. *folicule-stimulating hormone*, FSH). Njegovi su receptori dokazani u gonadama sisavaca, ptica, riba, gmazova i vodozemaca. Suprotno tomu, gonadotropin-inhibitorni hormon (engl. *gonadotropin-inhibitory hormone*, GnIH) je inhibitorni neuropeptid, regulator oslobađanja hipofiznog gonadotropin koji je prvi puta otkriven u hipotalamusu ptica. Sintezu i postojanje receptora u reproduktivnom sustavu ptica su dokazali BENTLEY i sur. (2007.), koji su proveli istraživanje na europskim čvorcima, bijelim vrapcima i japanskim prepelicama. Otkrili su mjesta za vezanje GnIH na granuloznim stanicama folikula jajnika u razvoju, te na intersticijskom sloju i sjemenim tubulima testisa.

2.2.3.2. Uloga vitamina D i utjecaj mitarenja na pojedine organe

Vitamin D bitan je za proces mitarenja. Njegov hormonski aktivan oblik - 1,25 dihidroksikolekalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$), od središnje je važnosti za mehanizme transport kalcija u ljuskovnoj žlijezdi i crijevima. Kako kokoš stari tako se smanjuje njegova koncentracija u plazmi. Nakon mitarenja, kada ponovo krene proizvodnja jaja, razine $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ u plazmi slične su onima u mlade kokoši. Receptori za $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ u ljuskovnoj žlijezdi također se povećavaju nakon inducirano mitarenja (BERRY, 2003.). Kao što je već spomenuto, gubitak gonadotropina tijekom posta uzrokuje involuciju jajnika. Folikuli postaju atretnični, a žutanjak se resorbira i težina jajnika se polako smanjuje. Regresija jajovoda je pravo remodeliranje tkiva, a ne smanjenje veličine stanica ili skupljanja tkiva. Pregradnja se proteže čak i na vezivno tkivo jajovoda. Nakon ponovne proizvodnje spolnih steroidnih hormona od strane jajnika, jajovod se počinje obnavljati (BERRY, 2003.). Uz jajnik i jajovod, težina duodenuma se također smanjuje tijekom posta i vraća se na izvornu veličinu nakon ponovnog hranjenja.

2.2.3.3. Promjene u imunološkom i hematopoetskom sustavu tijekom mitarenja

Reproduktivno mirovanje u kokoši utječe i na imunološki i hematopoetski sustav. Populacije limfocita se mijenjaju tijekom procesa mitarenja, a broj perifernih limfocita se smanjuje (ALODAN i MASHALY, 1999.) Udio CT4 i B limfocita se smanjuje dok se povećava udio CT8 limfocita. Uz to je primijećena i relativna heterofilija (HOLT, 1992.). Heterofili su fagocitni leukociti kod ptica, koji imaju sposobnost fagocitoze i učinkoviti su u obrani organizma od bakterija (SCANES i DRIDI, 2021.). Međutim, fagocitna aktivnost je ovdje inhibirana (HOLT, 1992.). Također, razine antitijela se ne mijenjaju. Slične promjene su bile uočene u ptica smještenih u stresnim uvjetima. Također, vrijedi mišljenje da se kokoši ne bi trebale cijepiti tijekom mitarenja. Smanjena imunološka funkcija tijekom zamjene perja može pridonijeti povećanju učestalosti salmonela u kokoši tijekom toga perioda (PORTER i HOLT, 1993.). Između ostalog, broj eritrocita opada kako se vraća funkcija jajnika, jer estrogen inhibira proizvodnju eritrocita, a dolazi i do povećanja volumena krvi i hemodilucije. Uz to je moguća pojava retikulocitoze, odnosno povećanje broja nezrelih eritrocita (retikulocita) u perifernoj krvi, vremenu oporavka poslije mitarenja (BERRY, 2003.).

2.3. Zakonska regulativa mitarenja

Brojne uredbe i zakonski akti reguliraju mitarenje. Iako postoje brojne sličnosti među državama svijeta, svaka od njih ima i specifične propise na nacionalnoj razini. Tako je inducirano mitarenje dopušteno u cijeloj Australiji dokle god se provodi na zdravim pticama i u uvjetima koji im ne uzrokuju stres od hladnoće (RSPCA, 2015.). Na drugome kraju svijeta, u Sjedinjenim Američkim Državama, inducirano mitarenje je dopušteno promjenom koncentracije hranjivih tvari i smanjenjem fotoperioda u kontroliranim uvjetima (AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION, 2010.).

Europska unija je kroz posljednjih 37 godina donijela veliki niz zakonskih odredbi koje se odnose na dobrobit životinja. Na taj način su uspostavljeni određeni standardi dobrobiti domaćih životinja na farmi, tijekom prijevoza i klanja. Većina zakona je određena putem direktiva, stoga se njihove odredbe primjenjuju na različite načine u svakoj pojedinoj državi članici (STEVENSON, 2012.).

Europska unija je 1998. godine donijela Direktivu 98/58/EC koja sadrži odredbe koje se odnose na sve životinje (uključujući ribe) koje se uzgajaju ili drže za proizvodnju hrane, vune, kože, krzna ili za druge uzgojne svrhe. Kada govorimo o kokoši nesilicama, zakon EU koji se odnosi njih definiran je u Direktivi Vijeća 1999/74/EZ kojom se utvrđuju minimalni standardi za zaštitu kokoši nesilica. Direktiva zabranjuje upotrebu baterijskih kaveza od 1. siječnja 2012. Ipak, dopušta uporabu obogaćenih kaveza. Ovi kavezi su većih dimenzija, te sadrže prostor za gnijezdo i stelju, koja omogućuje kljucanje i grebanje. Ipak, kretanje je i dalje ograničeno, kao i mogućnost izražavanja prirodnog ponašanja kokoši. S druge strane, kokoši iz slobodnog uzgoja moraju imati pristup vanjskim prostorima i zatvorene nastambe tijekom noći. Također, maksimalna gustoća uzgoja ne smije prelaziti devet kokoši po kvadratnom metru (m²) korisne površine. Ovi zahtjevi stupili su na snagu 1. siječnja 2007. Direktiva obuhvaća i dio o obaveznom označavanju i pakiranju jaja, te obrezivanju kljuna.

Inducirano mitarenje potaknuto nedostatkom hrane tijekom duljeg vremenskog perioda je zakonom zabranjeno na području EU i Ujedinjenog Kraljevstva. Pojedine odredbe nalaze se u Direktivi Vijeća 98/58/EZ o zaštiti životinja koje se drže u uzgojne svrhe. Stavak 14. Priloga Direktive propisuje: „Životinje se moraju hraniti zdravom hranom koja je primjerena njihovoj dobi i vrsti i koja im se daje u dovoljnim količinama da se održe u dobrom zdravlju i zadovolje njihove prehrambene potrebe”. Uz to, stavak 15. Priloga propisuje da sve životinje moraju imati pristup hrani u intervalima koji odgovaraju njihovim fiziološkim potrebama (STEVENSON, 2012.).

2.4. Oblici i mogućnosti mitarenja

Uspješne metode induciranog mitarenja dovode do gubitka težine od 25-35% i rezultiraju maksimalnom proizvodnjom jaja u razdoblju nakon mitarenja. Gubitak tjelesne mase prvenstveno je uzrokovan smanjenjem težine organa i iskorištavanjem tjelesnih rezervi. S druge strane, prekomjerni gubitak mase dovodi do gladovanja, smanjenog imuniteta i veće smrtnosti (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Ukoliko se čovjek ne miješa, potrebno je oko 4 mjeseca za potpunu zamjenu starog perja novim. Proces se može ubrzati da traje ne duže od 6 do 8 tjedana (BELL, 2002.). Nekoliko je razloga zbog kojega se može mitariti određeno jato. Najčešće je cilj postići dodatnu dobit u kratkom razdoblju proizvodnje jaja. Inducirano mitarenje može omogućiti duže razdoblje gospodarske iskoristivosti peradi u proizvodnji, pri čemu se dolazi do produžavanja proizvodnog ciklusa jata, pa stoga nije potrebna nabava novih proizvodnih životinja u jednakoj mjeri čime se može postići smanjenje troškova proizvodnje. Ponekad se mitarenje provodi kao zamjena za visoko rastuću smrtnost zbog grešaka koje se jave prilikom neprikladnih načina držanja ili lošijeg genetskog materijala. Posebice kada starije jato ima visoku stopu smrtnosti, jer se može pojaviti manjak jaja za izlijeganje. U tom slučaju, mitarenje starijeg jata može pomoći u nadopuni prvotno izgubljenih jaja. Još jedan od razloga može biti i nepredviđena potražnja za pilićima.

Mitarenje se može provesti u nekoliko ciklusa. Program mitarenja u dva ciklusa uključuje jedno mitarenje i dva ciklusa proizvodnje jaja. Kokoši se mitare nakon 10 mjeseci proizvodnje, vraćaju se natrag u proizvodnju i prodaju, odnosno završavaju svoj proizvodni ciklus, u dobi od oko 24 mjeseca (BELL, 2002.). Postoje ciklusi koji uključuju dva ili više mitarenja sa tri ili više ciklusa proizvodnje jaja. Kokoši se prvi puta mitare nakon 9 mjeseci proizvodnje, te se održavaju tako kroz uzastopne kraće cikluse mitarenja i prodaju sa 30 ili više mjeseci starosti. Ovakav način nije toliko isplativ, ali rezultira jajima vrhunske kvalitete kroz duži proizvodni period (BELL, 2002.).

Postoje tri glavne komponente za sam proces mitarenja. Prvo je potrebno prekinuti proizvodnju jaja. To se postiže ukidanjem hrane ili ograničavanjem pojedinih hranjivih tvari. Post od 4 do 5 obično dovodi do prestanka proizvodnje jaja u jatu. Jato izvan proizvodnje može ostati samo tjedan dana ili čak 4-5 tjedana. Kraće razdoblje odmora može vratiti jato na vrhunac proizvodnje za 4-5 tjedana od početka mitarenja. Duži odmori rezultiraju vrhuncima proizvodnje za 10-11 tjedana nakon mitarenja. Hrana u tome razdoblju se može sastojati od napuknutog zrna kukuruza koje se nadopunjuje s rastućim razinama minerala i vitamina. Time se osigurava ogovarajuća prehrana, ponovni rast perja i povrat tjelesne mase, a jato nije u

proizvodnji. Kada se jato vraća u proizvodnju, nesilice se počinju hraniti uobičajenom hranom, a stopa nesivosti od 50% bi se trebala postići za 2 do 3 tjedna, sa vrhuncem za dodatnih 2 do 4 tjedna (BELL, 2002.).

2.4.1. Konvencionalne metode

Mitarenje potaknuto uklanjanjem i/ili uskraćivanjem hrane je konvencionalni način koji se najčešće koristi jer je jednostavan, lako izvediv i ekonomičan, a može se kombinirati s uskraćivanjem vode i/ili smanjenjem svjetlosnog dana. Ovdje je ciljani gubitak mase do 35% (WEBSTER, 2003.). Dva najpoznatija programa mitarenja su kalifornijski i program razvijen u Sjevernoj Karolini. Kalifornijski program mitarenja uključuje razdoblje potpunog ukidanja hrane na 7 do 14 dana. Potom slijede različiti programi hranjenja s malo hranjivih tvari. Tako se najčešće koristi napuknuto zrno (kukuruz, pšenica, zob, ječam), kojemu se može dodati kalcij i fosfor. Bitno je napomenuti da razina kalcija mora ostati ispod 1% kako se kokoši ne bi prerano vratile u proizvodnju. Općenito, duža razdoblja odmora povezana su s većom naknadnom proizvodnjom jaja i boljom kvalitetom ljuske. Na početku indukcije mitarenja dolazi do smanjenja fotoperioda. Proizvodnja obično pada na nulu petog ili šestog dana. Vrijeme opadanja perja varira ovisno o sezoni, dobi jata i genetskoj liniji. Kada se jato vraća u proizvodnju i svjetlosni režim se vraća u normalu (BELL, 2002.). Drugi je program razvijen na sveučilištu u Sjevernoj Karolini. Ovdje se prije samog procesa mitarenja, tijekom sedam dana, pale umjetna svjetla noću u nastambama. Prvi dan mitarenja umjetna svjetla se gase, a jato dobiva 10 sati osvjetljenja u prvih 14 dana. Trajanje fotoperioda se produžuje do 15,5 sati do 28. dana. Kada se postigne ciljano smanjenje mase, nesilice počinju dobivati hranu koja sadrži 15% bjelančevina i 3,7% kalcija. Fotoperiod će se još povećati na 16,5 sati do 49. dana. Savjetuje se da temperatura u nastambi bude oko 17°C tijekom razdoblja uklanjanja hrane. Ova metoda stavlja naglasak na smanjenje tjelesne mase koji bi trebao biti oko 30% po kokoši. Bitno je napomenuti kako se jatu hrana ne smije uskratiti na više od 14 dana (BELL, 2002.).

2.4.2. Alternativne metode

Kada je pristup hrani ograničen, ptice koriste svoje tjelesne rezerve kao hranjive tvari. Međutim, poznato je da nedostatak hrane uzrokuje katabolizam koji može dovesti do abnormalnih fizioloških mehanizama, među koje spada smanjenje imuniteta (YOUSAF i

CHAUDHRY, 2008.). Stoga zemlje koje ne dopuštaju uskraćivanje hrane za poticanje mitarenja koriste razne smjese koje dovode do istog procesa. Moguće je koristiti smjese zasnovane na razinama kalcija i fosfora ili se smanjenju fotoperioda (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Od dodataka stočnoj hrani se najčešće koriste mineralni dodaci, poput bakra, cinka (STEVENSON i JACKSON, 1984.), natrija (HARMS, 1981.) i aluminijska (HUSSEIN i sur., 1989.). Također, postoje alternativni načini mitarenja koji koriste različite oblike neuravnotežene prehrane kako bi nastupio prestanak proizvodnje jaja (BERRY, 2003.). Sve s ciljem smanjenja troškova proizvodnje i produljenog proizvodnog vijeka životinja, jer potonje igra važnu ulogu u održavanju globalnog tržišta jaja. Nekonvencionalni izvori hrane mogu generirati ekvivalentnu proizvodnju uz znatno niže troškove jer hrana za životinje čini do 70% troškovi proizvodnje (MIRELES, 2009.). Alternativne metode mitarenja možemo podijeliti na kemijske i nekemijske. U kemijske metode ubrajamo upotrebu hormona i hormonski aktivnih tvari samostalno ili u kombinaciji sa dodacima hrani (poput komine grožđa), te upotrebu minerala. S druge strane, nekemijske metode upotrebljavaju začine, te biljne ekstrakte i sjemenke žitarica u smjesama za indukciju mitarenja.

2.4.2.1. Kemijske metode

2.4.2.1.1. Hormoni i hormonski aktivne tvari

Mitarenje izazvano hormonima uključuje upotrebu sredstava koje oslobađaju gonadotropin (DICKERMAN i BAHR, 1988.) i leuprolid acetat (BURKE i ATTIA, 1994.). U sisavaca, nepromijenjena koncentracija hormona koji oslobađa gonadotropin ili njegovog agonista smanjuje oslobađanje gonadotropina kroz receptorsku regulaciju (CLAYTON, 1982.) i time regulira funkciju gonada (BELCHETZ i sur., 1978.), dok kod kokoši izaziva regresiju jajnika (DICKERMANN i BAHR, 1988.). U preliminarnim pokusima uočeno je da se stopa nesivosti poboljšala nakon mitarenja potaknutog davanjem hormona koji oslobađa GnRH. Stoga su DICKERMAN i BAHR (1988.) uspoređivali uspješnost mitarenja pod utjecajem hormona koji oslobađa gonadotropin i klasičnog, putem uskraćivanja hrane. Pratio se prestanak proizvodnje jaja, ponovni početak iste, te gubitak tjelesne mase nesilica. Rezultati istraživanja su pokazali kako je nesenje jaja prestalo već drugo dan u skupini koja je dobivala GnRH, pa su te jedinke i prije ušle u novi ciklus proizvodnje. S druge strane, ukupni gubitak tjelesne mase

bio je značajno veći u skupini kojoj je uskraćena hrana nego u onoj koja je dobivala GnRH (Tablica 1) (DICKERMAN i BAHR, 1988.).

Tablica 1. Prikaz proizvodnje jaja nakon indukcije mitarenja i gubitak mase tijekom mitarenja. (prilagođeno prema: DICKERMAN i BAHR, 1988.)

	Proizvodnja jaja nakon mitarenja (%)	Vrijeme izvan nesivosti (dan)	Gubitak tjelesne težine tijekom mitarenja (g)
Skupina koja je dobivala GnRH	83,2 ± 2,88	32 ± 3	-181 ± 20
Skupina kojoj je uskraćena hrana	86,7 ± 1,7	44 ± 5	-461 ± 52

Veća proizvodnja jaja je zabilježena i kod nesilica kojima je aplicirana injekcija progesterona u usporedbi s mitarenjem potaknutim ograničenjem hrane (ADAMS, 1955.). BURKE i ATTIA (1994.) uspjeli su potaknuti mitarenje kod kokoši korištenjem formulacija leuprolid acetata, koji je GnRH agonist. Dokazano je da hormon štitnjače - tiroksin, može prekinuti proizvodnju jaja i potaknuti mitarenje kokoši (SEKIMOTO i sur., 1987.). U prilog tomu ide i spoznaja da hranjenje ptica tkivom štitnjače uzrokuje značajan gubitak perja (ZAVADOVSKY, 1925.). Isto su htjeli dokazati i BASS i sur. (2006.), pa su mitarili jednu skupinu nesilica uskraćivanjem hrane (FWD), dok su preostale skupine dobivale L-tiroksin uz osnovnu krmnu smjesu u koncentraciji 40 mg/kg hrane (HT) ili 20 mg/kg hrane (LT), ili tiroaktivni jodirani kazein u količini ekvivalentnoj 40 mg tiroksina po kilogramu smjese (TIC). Do kraja razdoblja mitarenja, neovisno o tretmanu, sve ptice su imale manje tjelesnu masu nego na početku pokusa. No, nesilice hranjenje HT ili TIC-om su imale jetru veće mase u usporedbi sa onima u FWD skupini. Primijećene su promjene u razini joda u jajima, koja je bila veća kod ptica hranjenih TIC-om u usporedbi s onima hranjenim HT ili LT smjesom. Skupina kojoj je uskraćena hrana nije analizirana zbog nedostatka dostupnosti jaja (Tablica 2).

Tablica 2. Učinci metoda mitarenja na razinu joda u jajima nakon završetka istoga. (prilagođeno prema: BASS i sur., 2006.)

Skupina	Razina joda (μg joda/jajetu)
HT ¹	111,8
LT	92,3
TIC	268,2

¹HT – osnovna krmna smjesa s dodatkom L-tiroksina 40 mg/kg hrane; LT – osnovna krmna smjesa s dodatkom L-tiroksina 20 mg/kg hrane; TIC – osnovna krmna smjesa s tiroksinom 40 mg/kg hrane dobivenog od tiroaktivnog jodiranog kazeina.

Ovo ispitivanje pokazuje da hranidba s dodatkom tiroksina inducira mitarenje u ptica. Rezultati su pokazali da je pticama potrebno približno 0,8 mg tiroksina/dan (~0,5 mg tiroksina/kg tjelesne mase) za indukciju istoga (BASS i sur., 2006.). Povećana masa jetre u ptica hranjenih tiroksinom u odnosu na FWD skupinu, vjerojatno je posljedica visokog afiniteta vezanja tiroksina za hepatocite (DECUYPERE i sur., 2005.), što može potaknuti rast i proliferaciju stanica u jetri. KUENZEL i sur. (2005.) su osmislili četiri eksperimenta kako bi utvrdili može li se razviti alternativni program mitarenja s T4 za moguću upotrebu u peradarskoj industriji. Cilj im je bio izazvati mitarenje kod kokoši kojima je hrana dostupna *ad libitum* i koja zadovoljava sve nutritivne i energetske potrebe životinja. U prvom eksperimentu su parenteralno aplicirali nesilicama tiroksin u količinama od 250 μg T4 po kg tjelesne mase, 500 i 1000 μg T4/kg tjelesne mase (TM). Aplikacija 250 μg T4/kg TM nije značajno smanjilo proizvodnju jaja, dok je ista u potpunosti prestala u skupini od 1000 μg T4/kg TM. Neovisno o dozi, sve su skupine imale gubitak tjelesne mase, a očitih razlika u veličini štitnjače nije bilo. U drugome eksperimentu su nesilice dobivale T4 u hrani, i to u količinama od 10, 20 ili 40 ppm T4. Sve T4 pokusne skupine dovele su do smanjenja proizvodnje jaja i progresivnog smanjenja tjelesne mase. Posebice, kokoši koje su bile hranjene posebno formuliranom smjesom sa 40 ppm T4 potpuno su prestale s proizvodnjom jaja, odbacile su gotovo svo perje, smanjile unos hrane za približno 85%, te su izgubile približno 21% svoje početne tjelesne mase. U trećem eksperimentu su korištene doze 20 i 40 ppm u hrani, ali je ovdje smanjen fotoperiod na 8 h/dan. Ovdje je najbolje rezultate pokazalo hranjenje sa 40 ppm-a u kombinaciji sa smanjenim trajanjem fotoperioda. Svrha četvrtog eksperimenta bila je osmisliti pilot studiju u svrhu potvrde koncepta da jodirani kazein može poslužiti kao učinkovit dodatak hrani za poticanje

mitarenja. Tako je jedan dio nesilica hranjen kontrolnim obrokom, a drugi dio posebno formuliranim obrocima koji su se sastojali od kontrolne prehrane pomiješane s jednom od četiri serije jodiranog kazeina, 7-25 dana kako bi se izazvalo mitarenje kod kokoši nesilica (KUENZEL i sur., 2005.).

Primjenom hormona nadbubrežne žlijezde - kortikosterona, putem hrane, moguće je uzrokovati brzu regresiju jajnika i jajovoda (ETCHES i sur., 1984.). Tako su WILLIAMS i sur. (1985.) koristili ovu metodu za indukciju mitarenja, u usporedbi s korištenjem smjesa s niskom razinom kalcija (1) i niskom razinom natrija (2) i s uskraćivanjem hrane i vode (3). Smjese su sadržavale 0-23 g Na/kg ili 0-9 g Ca/kg, dok je za kortikosteron ugrađena mini-pumpa koja je isporučivala 30 µg hormona po satu (4). Od dobivenih rezultata valja istaknuti kako su jedinke, kojima je ugrađena mini-pumpa, imale dvostruko veću težinu jetre od ostalih ispitivanih skupina. Uz to, težina abdominalnih masnih naslaga je bila najveća u navedenoj skupini, dok je najmanja bila u kokoši kojima su uskraćeni hrana i voda. S druge strane, težina jajovoda bila je najmanja u kokoši koje su primale 30 µg kortikosterona po satu. Značajno smanjena težina je uočena i kod kokoši koje su dobivale hranu s manjkom Ca ili Na (Tablica 3). Sve to je dovelo do zaključka kako je infuzija 30 µg kortikosterona po satu jednako učinkovita za poticanje regresije jajnika i poticanje mitarenja kao i ostale metode (WILLIAMS i sur., 1985.). Inducirano mitarenje uz pomoć hormona nije praktična metoda za peradarsku industriju zbog varijabilnog proizvodnog učinka, te posljedično visokih troškova (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Uporaba hormonskog agonista ili hormona za inducirano mitarenje najčešće uključuje ugradnju osmotske pumpe ili parenteralnu primjenu, što zahtijeva manipulaciju sa svakom jedinkom i stvara dodatne troškove. S druge strane, kortikosteron se može davati putem hrane. Ipak, javlja se problem potencijalnog taloženja hormona ili njihovih agonista u jajima (BERRY, 2003.).

Kao jedan od oblika alternativnih načina mitarenja se navodi i hranjenje peradi s krmnom smjesom s kominom grožđa u koju je dodano 10 ppm tiroksina (KESHAVARZ i QUIMBY, 2002.). KESHAVARZ i QUIMBY (2002.) istraživali su učinak konvencionalne metode uklanjanja hrane (FW) naspram hranjenja sa krmnom smjesom dodatkom komine grožđa, te obroka temeljenih na kukuruznoj smjesi. Iako je proizvodnja jaja nakon mitarenja bila je veća kod FW-a i hranjenja sa kominom grožđa, ostala proizvodna svojstva i kvaliteta jaja, većinom se nisu razlikovali među skupinama. Korištenje komine grožđa u kombinaciji sa tiroksinom opskrbljuje kokoši nekim hranjivim tvarima kao što su energija, bjelančevine, vitamini, minerali itd., tijekom procesa mitarenja. Rezultati su pokazali da je navedena metoda jednako učinkovita za proizvodnju jaja nakon mitarenja. Zbog toga se ovaj pristup čini

poželjnijim u vidu dobrobiti u odnosi na metode uskraćivanja hrane. Štoviše, prihvatljiva je zbog svoje niske cijene (KESHAVARZ i QUIMBY, 2002.).

Tablica 3. Prosječna masa jetre, abdominalnih masnih naslaga i jajovoda u nesilica. (prilagođeno prema: WILLIAMS i sur., 1985.)

Skupina	Prosječna masa jetre (g)		
	Jetra	Abdominalne masne naslage	Jajovod
1	40,86	89,40	35,56
2	42,30	118,50	35,90
3	99,40	69,30	49,00
4	43,69	148,10	18,70

2.4.2.1.2. Minerali

Cink ima inhibitorni učinak na funkciju jajnika (JOHNSON i BRAKE, 1992.), a kada se kombinira s niskom razinom kalcija u smjesama za nesilice, dovodi do prestanka proizvodnje jaja i velikog smanjenja uzimanja hrane od strane nesilica (BREEDING i sur., 1992.). Uporaba visokih razina cinka može se koristiti za poticanje mitarenja. Potrebno je dodati oko 20.000 ppm cinka u hranu, pri čemu se najčešće koristi cinkov oksid. Međutim, treba biti na oprezu jer neki izvori cinka mogu biti kontaminirani olovom, što je štetno za jato. Nesilice se hrane smjesom s više cinka kroz 5 dana nakon čega se vraćaju na uobičajenu smjesu. Tijekom takve prehrane potrebno je prilagoditi svjetlosni režim i smanjiti fotoperiod. Sama proizvodnja jaja bi trebala prestati petog dana od početka hranjenja. Tjedan dana nakon prestanka hranjenja proizvodnja se vraća u normalu i doseže vrhunac od 75 do 80% (BELL, 2002.). Prilog tomu ide istraživanje koje su proveli GA i sur. (2022.) u kojemu su uspoređivani učinci mitarenja između različitih skupina (Tablica 4), u odnosu na kontrolnu skupinu koja nije dobivala hranu prvih 10 dana mitarenja. Navede skupine su dobivale smjesu za poticanje mitarenja koju je preporučila tvrtka za uzgoj (MD), krmnu smjesu na bazi pšeničnih mekinja (WB), komercijalnu krmnu smjesu za nesilice s 8000 ppm cinka (CZn) i hranu za nesilice za poticanje mitarenja s 8000 ppm cinka (MZn). Rezultati istraživanja su pokazali kako nesilice hranjenje smjesom sa dodatkom cinka smanjuju prosječnu proizvodnju jaja brže nego one hranjene smjesom na bazi

pšeničnih mekinja kao skupina s niskom razinom energije, sirovih bjelančevina, aminokiselina i kalcija, te skupine koja je dobivala hranu koju je preporučila tvrtka za uzgoj (Tablica 5).

Tablica 4. Prikaz sastava smjese mitarenih skupina (prilagođeno prema: GA i sur. 2022.)

	MD ¹	WB	CZn	MZn
Sastav (%)	100,0	100,0	100,0	100,0
Kukuruz	54,00	17,74	58,96	53,44
Pšenične mekinje	38,98	70,00	-	38,59
Sojina sačma (45%)	-	2,70	8,80	-
Sačma od uljane repice	-	2,10	6,80	-
Kukuruzno glutensko brašno	-	0,58	1,95	-
Žitarice destilatora (engl. <i>Distiller's dried grains with solubles, DDGS</i>)	-	2,99	9,67	-
Loj	1,00	0,30	1,00	1,00
L-lizin-HCl (25%)	0,90	0,14	0,47	0,90
DL-metionin (99%)	-	0,01	0,05	-
Monokalcijev fosfat	0,20	0,17	0,57	0,20
Vapnenac	4,62	3,10	10,18	4,57
Sol	-	0,07	0,25	-
Vitaminski premiks ²	0,15	0,03	0,10	0,15
Mineralni premiks ²	0,15	0,05	0,15	0,15
Fitaza	-	0,02	0,05	-
Cinkov oksid	-	-	1,00	1,00

¹MD – osnovna krmna smjesa; WB – krmna smjesa na bazi pšeničnih mekinja; CZn – krmna smjesa za nesilice s 8000 ppm cinka; MZn – krmna smjesa za nesilice za poticanje mitarenja s 8000 ppm cinka.

²Vitaminski i mineralni premiks je sadržavao hranjive tvari po kg prehrane: 40 000 IU vitamina A; 8000 IU vitamina D3; 10 IU vitamina E; 4 mg vitamina K3; 4 mg vitamina B1; 12 mg vitamina B2; 6 mg vitamina B6; 0,02 mg vitamina B12; 20 mg pantotenske kiseline; 2 mg folne kiseline; 60 mg nikotinske kiseline; 25 mg mangana; 50 mg cinka; 60 mg željeza; 10 mg bakra; 0,15 mg kobalta; 0,10 mg selena.

Tablica 5. Prosječna proizvodnja jaja kokoši nesilica podvrgnutih različitim metodama - prije i nakon tri do šest tjedana nakon mitarenja. (prilagođeno prema: GA i sur. 2022.)

		Kontrola	MD ¹	WB	CZn	MZn
Proizvodnja jaja	Prije indukcije mitarenja (%)	84.2	82.3	81.5	82.3	82.3
	Tri do šest tjedana nakon mitarenja (%)	88.7	84.4	81.2	90.2	88.8

¹MD – osnovna krmna smjesa; WB – krmna smjesa na bazi pšeničnih mekinja; CZn – krmna smjesa za nesilice s 8000 ppm cinka; MZn – krmna smjesa za nesilice za poticanje mitarenja s 8000 ppm cinka.

Kalcij je važan element za održavanje proizvodnje jaja. Potreban je za stvaranje ljuske, te ima ulogu u lučenju gonadotropnih hormona. Tako je BERRY (2003.) je primijetio da kokoši koje su dobivale 0,09% kalcija kroz 10 dana su se vratile na 50% proizvodnje unutar 4 tjedna. Ako su hranjenje 14 dana obrocima sa razinom kalcija od 0,09%, do osmog tjedna od početka takvog hranjenja, dosegle su 50% proizvodnje jaja. Ipak je potreban oprez pri korištenju ovakvih obroka, jer uklanjanje ili manjak kalcija u prehrani ne dovodi do potpunog prestanka proizvodnje jaja, te može dovesti do privremenih paraliza ili osteoporoze (WEBSTER, 2003.). Također se mogu koristiti i smjese sa niskom koncentracijom natrija. WHITEHEAD i SHANNON (1974.) izvijestili su da kokoši hranjene s niskim koncentracijama natrija tijekom sedam tjedana mitarenja, postižu 50% proizvodnje unutar šest tjedana od završetka mitarenja. Najčešće, smjese sa niskim postotkom natrija vraćaju jato na 50% proizvodnje unutar dva tjedna od završetka hranjenja takvom smjesom (ROSS i HERRICK, 1981.), ali takve smjese povećavaju pojavnost kanibalizma (WEBSTER, 2003.). Pored kalcija i natrija, ARRINGTON i sur. (1967.) su otkrili da kokoši koje su mitarene primjenom 28-dnevne hranidbe s visokim postotkom joda su vraćene u proizvodnju 10 dana od prestanka takve hranidbe, premda 15% jata nije uspješno vraćeno u proizvodnju nakon toga.

Iako su minerali i hormoni učinkoviti u indukciji mitarenja, još uvijek nema dovoljno informacija o njihovim reziduama i utjecaju na fiziološke funkcije kokoši (BELL i KUNEY,

2004.). Također, njihove visoke razine u hranidbi peradi podižu zabrinutost iz aspekta javnog zdravlja zbog potencijalnih rezidua u jajima i mesu, što može imati utjecaja na ljudsko zdravlje (YOUSAF i CHAUDHRY, 2008.). Postoje brojni drugi nutrijenti koji se mogu koristiti za indukciju procesa mitarenja. Neki od njih su tireoaktivne bjelančevine (KUENZEL i sur., 2005.), melengestrol acetat (KOCH i sur., 2005.), lucerna i oligosaharidi (KIM i sur., 2006.). Lucerna se koristi zbog većeg udjela sirovih bjelančevina i razine kalcija, koje zajedno sa sporim protokom kroz crijeva rezultira boljom probavom. Naime, alternativni načini mitarenja koriste različite oblike neuravnotežene prehrane kako bi nastupio prestanak proizvodnje jaja (BERRY, 2003.). Sve s ciljem smanjenja troškova proizvodnje, jer potonje igra važnu ulogu u održavanju globalnog tržišta jaja (PATWARDHAN i KING, 2011.). Problem ovakve hranidbe leži u činjenici da je teško odrediti jednu hranjivu tvar ili vrstu hrane za ovu svrhu. Osim toga, nedostatak ili manjak jednog nutrijenta može negativno djelovati na opće zdravlje životinje (PATWARDHAN i KING, 2011.). Ipak, s obzirom da je javnost u određenim dijelovima svijeta sve više zabrinuta za dobrobit životinja, potraga za alternativnim načinima mitarenja raste iz dana u dan. Tako su BELL i KUNEY (2004.) proučavali učinak jata mitarenih konvencionalnim metodama u usporedbi s hranidbom temeljenom na niskim razinama natrija, kalcija i bjelančevina. Unatoč promjenama u prehrani, nije bilo značajnijih promjena u proizvodnji jaja, mortalitetu i potrošnji hrane između ovih tretmana (BELL i KUNEY, 2004.).

2.4.2.2. Nekemijske metode

2.4.2.2.1. Začini

Sve se više istražuju alternativni oblici mitarenja, koji uključuju primjenu začina ili biljaka koji su dio svakodnevne prehrane lokalnog stanovništva, u svrhu mitarenja peradi u proizvodnji. Jedan od najčešćih sastojaka koji se široko koristi kao začina u zemljama južne Azije je kurkuma (lat. *Curcuma longa*), čiji najaktivniji sastojak je prirodni polifenol - kurkumin (diferuloilmetan) (SOOMRO, 2018.). Suplementacija kurkume potiče izlučivanje žučnih kiselina i aktivnost lipaze, amilaze i proteaze, koje imaju važnu ulogu u metabolizmu i time pospješuju probavu (PLATELET i SRINIVASAN, 2004.). U istraživanju koje je proveo SOOMRO (2018.), pratio se utjecaj različitih metoda mitarenja na proizvodne parametre i zdravlje nesilica genetike White Leghorn, u podnom sustavu (FS) i kaveznom sustavu (CS).

One su bile podijeljene u pet skupina od kojih je prva služila kao kontrola i hranjena je uobičajenom hranom za nesilice, dok su ostale dobivale niskoenergetsku hranu s kurkumom (LEFT), niskoenergetsku hranu s aluminijevim sulfatom (LEFA) i niskoenergetsku hranu (LEF), a jednoj skupini je hrana bila uskraćena (FW). Rezultati su pokazali značajno veću proizvodnju jaja u LEFT skupini od tretmana LEF i FW tijekom cijelog proizvodnog razdoblja u kaveznom i podnom sustavu. Valivost i stopa oplodnosti su bile veće u LEFT skupini nego u kontrolnoj, kao i težina jaja, debljina ljuske, težina ljuske i Haughova jedinica. Također, crijevna morfologija je bila značajno poboljšana u LEFT skupini nego u drugim tretmanima i kontrolnoj skupini tijekom razdoblja nakon mitarenja. Uz to je primijećena viša stopa smrtnosti u FW skupini, u odnosu na LEFT skupinu u kaveznom i podnom sustavu držanja. Gledano s ekonomske strane, maksimalna neto dobit je ostvarena s LEFT skupinom, a najmanja s kontrolnom skupinom (SOOMRO, 2018.).

2.4.2.2.2. Biljni ekstrakti i sjemenke žitarica

VERMAUT i sur. (1998.) pokazali su da je brašno jojobe - nusproizvod ekstrakcije ulja iz sjemenki jojobe, bio idealan jeftin lokalni izvor hrane bez štetnih učinaka. Iako je jojoba otrovna za kokoši u uzgoju zbog negativnog djelovanja na rast i razvoj jajnika, primjena 12% visokoproteinske jojobe dalo je rezultate usporedive s onima kod konvencionalnih metoda. Primjena odmašćene jojobe nakon jednodnevnog gladovanja, rezultirala je visokim gubitkom tjelesne mase i potpunim prestankom nesenja, nakon čega je uslijedila vrhunska proizvodnja (85%) unutar dva tjedana s kvalitetom jaja koja se može usporediti s onom kod metoda koje koriste uskraćivanje hrane nesilicama. Međutim, ova metoda uključuje jednodnevni post, te stoga ne bi zadovoljila UEP (engl. *United Egg Producers*) smjernicama.

Saćma od sjemenki pamuka je lako dostupan i jeftin nusproizvod sjemenki pamuka. Može se davati nesilicama u količinama od 20%, 40% i 50% za indukciju mitarenja, a rezultati koji se dobivaju njenom primjenom su slični kao i kod metoda koje koriste uskraćivanje hrane. Razlika je jedino u manjoj potrošnji hrane ukoliko joj je dodana saćma od sjemenki pamuka (PATWARDHAN i KING, 2011.). Razlog tomu je sadržaj gosipola - antihranjive tvari za perad, koja je dio navedene saćme (PATWARDHAN i KING, 2011.). Zbog toga se preporuča grubo mljevenje brašna od sjemenki od pamuka, kako bi se izbjeglo selektivno hranjenje prilikom njezine primjene (DAVIS i sur., 2002.).

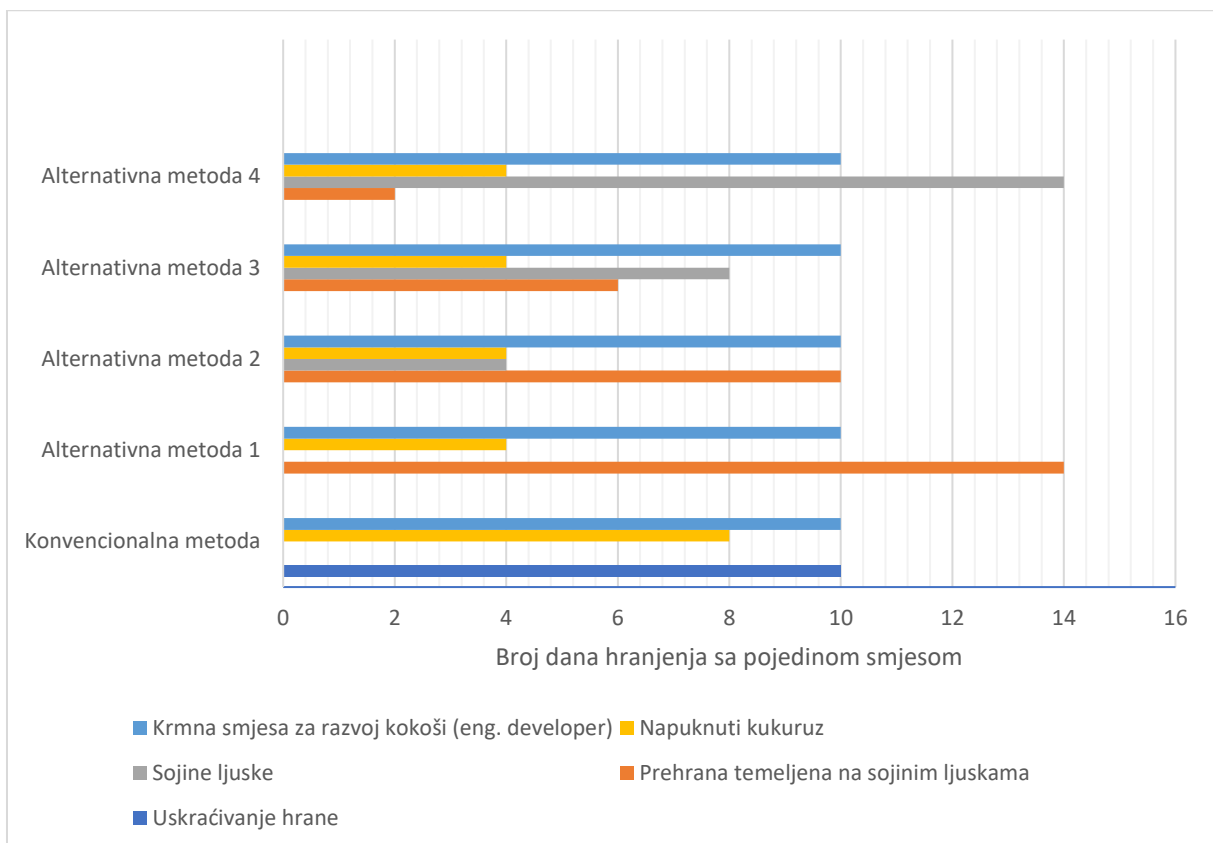
MANSOORI i sur. (2007.) su istraživali učinke prehrane kominom rajčice, rižinih mekinja i smjese sa sjemenkama lana na performanse nesilica, pa su tako izvijestili su da komina rajčice daje sličan ili bolji učinak performanse u odnosu na ukidanje krmne smjese i hranidbe lucernom. Naime, komina rajčice je nusproizvod s visokim sadržajem bjelančevina (20-24%), vlakana (30-35%) i niskom energijom (NATIONAL FEED & GRAIN ASSOCIATION, 2009.). Nadalje, sadrži antioksidanse uključujući karotenoide, α -tokoferol, lutein i likopen (KING i ZEIDLER, 2004.). Zbog visokog sadržaja α -tokoferola, KING i ZEIDLER (2004.) su predložili korištenje komine rajčice u hrani za perad za smanjenje *post mortem* oksidacije lipida u prehrambenim proizvodima od peradi. Uočena je manja razina stresa kod kokoši hranjenih kominom od rajčice u usporedbi s drugim tretmanima, dok je dodatak rižinih mekinja i sjemenki kima dao jednake rezultate onima s brašnom od lucerne (MANSOORI i sur., 2007.).

Nekonvencionalne krmne smjese poput brašna od sjemenki kokosa i kima, uspješno se koriste u mitarenju bez potrebe za uskraćivanjem hrane u azijskim i bliskoistočnim zemljama (MANSOORI i sur., 2007.). Naravno, mogućnosti primjene ovakvih dodataka ovise o dostupnosti u određenim geografskim područjima. Tako se na zapadu SAD-a lokalni sastojci, poput sačmi od šafranike i komina rajčice su obećavajuće alternative. Šafranika se koristi kao sredstvo za bojenje i okus u hrani, u proizvodnji boja, kozmetike, lijekova i kao ulje za kuhanje (ekstrahirano iz sjemena). Sjemenke šafranike sadrže puno vlakana (50%), a ljuštenje rezultira smanjenjem (4-20%) u sadržaju vlakana (LEESON i SUMMERS, 1997.). Alternativa je brašno od šafranike, izvor bjelančevina kada se nadopuni lizinom i metioninom (MCNAB i BOORMAN, 2002.) i dobar je izvor α -tokoferola i kartamina (EKIN, 2005.). Rezultati su zabilježili superioran rast preživača, kao i peradi, što ukazuje da sačma od šafranike može djelomično zamijeniti izvorne bjelančevine poput sojine sačme (KOHLENER i sur., 1966.).

Uz utjecaj na proizvodnost i zdravlje peradi, bitan je i utjecaj na zdravlje ljudi kao potrošača proizvoda podrijetlom od peradi. Tako su istraživanja od ranih 90-ih do danas prikupljala informacije o bakteriji *Salmonella* Enteritidis kod kokoši koje se mitare (HOLT, 1992.). Naime, ta istraživanja su pokazala da mitarenje potiče kolonizaciju tkiva bakterijom *Salmonella* Enteritidis, najvjerojatnije zbog oslabljenog imuniteta. Također, mitarene ptice s oštećenim imunitetom postaju lako osjetljive na još manji broj bakterija. Zbog izlučivanja bakterija putem izmeta, velika je mogućnost kontaminacije jaja što predstavlja opasnost za zdravlje ljudi kao krajnjih potrošača. Povećana učestalost infekcije zabilježena je i kod zdravih ptica zbog feko-oralne kontaminacije krmnih smjesa s kojima se hrane (PATWARDHAN i

KING, 2011.). Unatoč svemu, neki znanstvenici vjeruju kako je post koristan za jato jer dovodi do gubitka viška tjelesnih zaliha masti i uklanjanja nakupljenih bjelančevina (BELL, 2002.).

Uzevši u obzir sve navedeno postupak mitarenja ima brojne prednosti, no i dalje se postavlja pitanje učinkovitosti i humanosti provedbe istoga. Iako se sve veća pažnja stavlja na alternativne načine mitarenja, većina proizvođača jaja koji primjenjuju inducirano mitarenje koriste konvencionalne načine mitarenja. MAZZUCO i sur. (2011.). su željeli procijeniti koliku razliku ono radi, stoga su procjenjivali kako alternativne metode mitarenja utječu na proizvodne parametre tijekom i nakon mitarenja te njihov utjecaj na dobrobit nesilica. Tako su uspoređivali konvencionalnu metodu koja uključuje uskraćivanje hrane sa četiri alternativne metode, prikazane na Slici 3. Hranidba temeljena na sojinim ljuskama se sastoji od 95% sojinih ljuski, 12% bjelančevina, 1455 kcal/kg energije i 1,38% kalcija. Rezultati su pokazali kako nije bilo značajnih razlika u produktivnosti među svim ispitanim skupinama, dok se kontrolna skupina od ostalih razlikovala po manjoj proizvodnji i većem broju napuknutih jaja i jaja bez ljuske, u odnosu na preostale skupine ovoga istraživanja (MAZZUCO i sur., 2011.).



Slika 3. Prikaz usporedbe metoda koje se mogu koristiti za inducirano mitarenje. (prilagođeno prema: MAZZUCO i sur., 2011.)

Neovisno koje se metode primjenjuju, alternativne ili konvencionalne, postavlja se pitanje učinkovitosti samoga mitarenja. Naime, FLOCK (2016.) je želio usporediti uspješnost mitarenja u odnosu na jednogodišnje cikluse proizvodnje. Kod analize rezultata se uzimala u obzir sama proizvodnja i prihod od jaja te troškovi držanja nesilica i njihove prehrane. Praćene su dvije skupine u dobi do 17. do 109. tjedna starosti. Jedna skupina nije mitarena, dok je drugoj inducirano mitarenje bez uskraćivanja hrane u dobi od 69 tjedana, s ciljem smanjenja tjelesne mase za barem 20%. Rezultati su pokazali da bi se značajno više jaja proizvelo godišnje sa zamjenom nakon 52 odnosno 56 tjedana proizvodnje nego s mitarenjem. Prosječna težina jaja bila je oko 3 g viša za kokoši koje se drže do 109 tjedana starosti, bez obzira jesu li mitarene ili ne. Iako je očita ekonomska prednost mitarenja, godišnja proizvodnja jaja i prihod od iste će biti veći od troškova držanja nesilica i njihove hranidbe, ukoliko trajanje jednogodišnjih ciklusa bude iznosilo oko 60 tjedana proizvodnje (FLOCK, 2016.).

3. RASPRAVA

Pristupi procesu mitarenja i poticanju istoga su različiti. Iako je lepeza odabira indukcije velika, za određene pristupe su znanstvenici su došli do različitih zaključaka. Tako su rezultati istraživanja pokazali da kalifornijska metoda omogućuje povratak na proizvodnju više stope nego kod cink metode, koja se više preferira za alternativne načine mitarenja.

Iako postoji određeni postotak mortaliteta neovisno primjenjuje li se alternativna ili konvencionalna metoda, on se uvijek nalazi unutar raspona za upotrebljavanu metodu, što sugerira da povišena razina stresa, uzrokovana mitarenjem, ne utječe značajno na imunološki odgovor. Ipak, kalifornijska se metoda pokazala kao najbolja zato jer je istovremeno poboljšala obje komponente, a ujedno je bila i najjednostavnija za provedbu (ALODAN i MASHALY, 1999.). Također, kalifornijska i konvencionalna metoda bilježile najbolje vrijednosti proizvodnih svojstava, ekonomske učinkovitosti, proizvodnje i svojstva kvalitete jaja. Uz to dovode do maksimalnog gubitka tjelesne mase, smanjuju broj dana izvan proizvodnje te povećavaju masu i broj jaja u sljedećem proizvodnom ciklusu (ABOUGABAL i TABOOSHA, 2017.). S druge strane, alternativni pristup mitarenju postaje sve popularniji i pobuđuje sve veći interes za istraživanje stvarne učinkovitosti drugačijeg pristupa. Uz to, rezultati istraživanja alternativnih metoda mitarenja na proizvodnost nesilica do 113. tjedna starosti pokazali su kako programi koji ne uključuju gladovanje i uskraćivanje hrane smanjuju očekivani postotak smrtnosti 8% za nesilice s bijelim jajima te 7,8% za nesilice sa smeđim jajima (ANDERSON i HAVENSTEIN 2007.). Jedna od opcija alternativne metode indukcije mitarenja je hranjenje smjesama koje sadrže kombinaciju pšenice i kukuruza. Ovakve smjese su jednako učinkovite kao i 10-dnevno uklanjanje hrane, a uz to nemaju negativan učinak na ponašanje kokoši, u usporedbi s tradicionalnim metodama. Razlog tomu je činjenica da je energetska razina krmne smjese važan čimbenik koji uzrokuje brzo smanjenje proizvodnje jaja na početku mitarenja. Stoga je hranjenje kokoši niskoproteinskom kukuruznom hranom učinkovit način smanjenja proizvodnje jaja (BIGGS i sur., 2004.). Alternativni načini mitarenja uključuju i upotrebu različitih koncentracija raznih minerala, poput cinka, kalcija, te upotrebu hormona i hormonski aktivnih tvari (npr. gonadotropni-oslobađajući hormon, tiroksin itd.). Cink ima zaštitnu ulogu u tkivu gušterače protiv oksidativnog oštećenja što može poboljšati omjer pretvorbe hrane u skupinama koje se mitare, a ujedno i pomaže pravilnom funkcioniranju gušterače, posebice u vidu pravilnog izlučivanja probavnih enzima, čime se poboljšava probavljivost hranjivih tvari (MAZZUCO i sur., 2011.). Oblici mitarenja koji koriste cink, bez uskraćivanja hrane, mogu se uspješno koristiti u intenzivnoj proizvodnji. Oni ne ometaju fiziološke procese, iako je potrebno

regulirati njihovu uporabu zbog emisije cinka u okoliš (GA i sur., 2022.). Dok se cink primjenjuje u većim koncentracijama, kalcij se koristi u nižim. Ipak, jata u kojima se mitarenje potiče niskim udjelima kalcija imaju veću stopu mortaliteta u usporedbi sa onima gdje se ono ne provodi, stoga se ono rijetko koristi. (BERRY, 2003.).

Gonadotropin-oslobađajući hormon se sve češće počinje koristiti za indukciju mitarenja. Naime, takvo inducirano mitarenje uzrokuje regresiju jajnika i poboljšava proizvodnju jaja nakon provedbe istoga. Iako rezultira manjim gubitkom tjelesne mase i kraćim razdobljem prekida proizvodnje nego mitarenje izazvano uskraćivanjem hrane, kokoši koje su dobile GnRH trebaju manje vremena za završetak procesa mitarenja (DICKERMAN i BAHR, 1988.). Nadalje, tiroksin ili tireoprotein iz jodiranog kazeina koji predstavlja ekvivalent tiroksina, može se davati nesilicama kroz deset dana kako bi se zaustavila proizvodnja jaja, smanjila tjelesna masa nesilica i postigla potpuna zamjena perja (KUENZEL i sur., 2005.). Tireoprotein, koji sadrži prirodni tiroksin može se sintetizirati bez potrebe za tjelesnim enzimom jodinazom. Naime, izvori bjelančevina kao što je kazein, sadrže relativno visoke koncentracije tirozina, a kada se pomiješaju s izvorom anorganskih tvari poput joda, rezultiraju proizvodnjom jodiranog kazeina i tiroksina (REINEKEA i TURNERA, 1942.). Prekid proizvodnje jaja i početak mitarenja usporedivi su s onima postignutim kao kod korištenja pročišćenog tiroksina. Budući da su oblici jodiranog kazeina komercijalno dostupni, proces može biti isplativ za peradarsku industriju (KUENZEL i sur., 2005.). Ovdje je ipak potrebno biti na oprezu jer tiroksin iz hrane može povećati razinu joda u kokoši, što bi tada moglo biti pohranjeno u jajetu, s obzirom da je jod temeljna komponenta hormona štitnjače (CAPASSO i sur., 1999.). Razina joda u kokošjim jajima je najčešće ~10 µg po jajetu (YALCIN i sur., 2004.). U provedenim istraživanjima, kokoši hranjene tiroksinom imale su veće razine joda, što je vjerojatno posljedica navedene hranidbe. Problem ovakve metode je što jaja ne smiju imati više od 150 µg tiroksina po jajetu da bi bila plasirana na tržište. Odlaganje tiroksina i/ili joda u jajima kao rezultat dodanog tiroksina u hrani ne može se otkriti ni 48 h nakon prestanka hranjenja takvom hranom ili u razdoblju nakon mitarenja. Također, koncentracije tiroksina u jajetu utječu na rast i razvoj pilića nakon izlijeganja (TONA i sur., 2004.), stoga je važno odrediti razinu apsorpcije tiroksina iz hrane u usporedbi s normalnom endogenom proizvodnjom kao i promet ili katabolizam egzogenog tiroksina (TATA i SHELLABARGER, 1959.). Također, za određivanje imunostimulacije, odnosno imunosupresije koja se može pojaviti tijekom mitarenja, potrebno je mjeriti parametre imunološkog sustava, budući da leukociti imaju receptore za tiroksin (BACHMAN i MASHALY, 1987.).

Osim navedenih poznatijih načina mitarenja, ovisno o lokalnim poljoprivrednim mogućnostima i afinitetima, upotreba nekonvencionalnih metoda u peradarskoj industriji sve se više istražuje. Sukladno tomu, kurkuma pronalazi sve veću upotrebu kao alternativa konvencionalnim načinima mitarenja. Naime, istraživanja su pokazala kako mitarenje inducirano smjesom koje sadrži kurkumu rezultira boljom proizvodnom učinkovitosti u odnosu na češće upotrebljavane metode (SOOMRO, 2018.). Osim kurkume, upotreba sojinih ljuski pokazala se kao dobar način induciranja mitarenja, posebice ukoliko se gleda kvaliteta samih kostiju jer zamjena perja negativno djeluje na njih. Sukladno tomu, kada je opcija održati jato kroz još jedan ciklus proizvodnje, različiti postupci za poticanje mitarenja koji koriste sojine ljuske kao glavni sastojak obroka, dobar su alternativni izbor i pozitivno djeluju na dobrobit kokoši (MAZZUCO i sur., 2011.). Sukladno tomu, istraživanja alternativnih metoda su pokazala kako ljuske kukuruza i soje, te kukuruza i pšenice daje najbolje rezultate. Ipak, u svim dosadašnjim studijama se pokazalo da potpuni prestanak proizvodnje jaja nastupa jedino kod metoda koje uključuju uskraćivanje hrane. Međutim, dugoročni proizvodni parametri ostaju uglavnom nepromijenjeni, neovisno o izboru metode. Isto vrijedi i za razlike u mortalitetu ili težini jaja nakon završetka mitarenja, te specifičnoj težini jaja. Rezultati spomenutih istraživanja pokazali su da nije potrebno uskratiti hranu nesilicama kako bi se postigla bolja proizvodnost, što ujedno pozitivno djeluje i na dobrobit (KOELKEBECK i ANDERSON, 2007.). Naime, odabir između konvencionalnog načina mitarenja ili alternativnog je ono što čini razliku u današnjem svijetu uzgoja jaja. Neovisno na koji je način inducirano, dolazi do poboljšanja svih svojstava proizvodnje jaja nakon njegove provedbe (MAZZUCO i sur., 2011.), te je ono učinkovit način oporavka kvalitete i stope proizvodnje jaja bez ugrožavanja imuniteta peradi (ALODAN i MASHALY, 1999.). U svemu ovome naglasak se uvijek stavlja na dobrobit životinja. Upravo je to razlika između alternativnih i konvencionalnih načina mitarenja. Ipak, prema nekima konvencionalni postupak ukidanja hrane najbrži je način za zaustavljanje nesenja jaja, čak i ako nije u skladu sa dobrobiti životinja (GA i sur., 2022.). Pitanje koje se uvijek postavlja u intenzivnim industrijama je i sama isplativost, te zarada od same proizvodnje i svih postupaka vezanih uz nju. Zbog toga dobrobit životinja u cijelome procesu može pasti u drugi plan. Međutim, današnja zainteresiranost javnosti i sve veća osviještenost potrošača tjeraju velike industrije da promijene stare, konvencionalne načine uzgoja i provođenja, u ovome slučaju, mitarenja. Dakako se to može pozitivno odraziti i na sam profit, posebice ako se uzme u obzir kako neke velike tvrtke za brzu hranu (npr. McDonald's, Wendy's i Burger King) imaju politiku zabrane kupnje jaja od proizvođača koji koriste programe mitarenja inducirane uskraćivanjem hrane i/ili smanjenjem fotoperioda (BASS i sur., 2006.).

4. ZAKLJUČCI

1. Metode mitarenja dijelimo na konvencionalne, koje uključuju uskraćivanje hrane/vode i/ili smanjenje fotoperioda, te alternativne koje koriste različite krmne smjese za induciranje mitarenja.
2. Konvencionalne metode su jednostavne, ekonomične i lake za izvođenje, a dva najpoznatija programa mitarenja su kalifornijski i program osmišljen u Sjevernoj Karolini.
3. Alternativne metode možemo podijeliti na kemijske i nekemijske metode.
4. Kemijske metode koriste hormone i hormonski aktivne tvari, samostalno ili u kombinaciji s dodacima hrani te minerale, dok nekemijske metode koriste začine, biljne ekstrakte i sjemenke žitarica.
5. Zabranom primjene induciranog mitarenja uskraćivanjem hrane na području Europske unije i Ujedinjenog Kraljevstva, sve veći interes se javlja za alternativne metode, iako i dalje postoji manjak informacija o posljedicama upotrebe tvari koje se ovdje koriste na fiziologiju nesilica i mogućnost nastanka rezidua u jajima.
6. Interes za indukcijom mitarenja i upotrebom različitih metoda seže od 1925. godine, stoga i treba naglasiti kako su se do danas istraživane metode i smjernice za njihovu upotrebu promijenile.
7. U današnje vrijeme se svijest potrošača sve više okreće prema dobrobiti životinja, zbog čega sve češće proizvođači koriste metode koje osiguravaju veći stupanj dobrobiti uz ekonomsku dobit od same proizvodnje.

5. LITERATURA

1. ABOUGABAL, M. SH., M. F. TABOOSHA (2017): Productive Performance, Economic Efficiency and Egg Quality of Laying Hens as Affected by Different Molting Methods. *Middle East J. Appl. Sci.* 7, 349 – 360.
2. ADAMS, J. L. (1955): Progesterone-induced unseasonable moult in single comb White Leghorn pullets. *Poult. Sci.* 34, 702 – 707.
3. ALODAN, M. A., M. M. MASHALY (1999): Effect of Induced Molting in Laying Hens on Production and Immune Parameters. *Poult. Sci.* 78, 171 – 177.
4. AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION (2010): Literature review on the welfare implications of Induced moulting of layer hens, https://www.avma.org/sites/default/files/resources/induced_molting_layer_chickens_bgnd.pdf (23.03.2024.)
5. ANDERSON, K. E., G. S. DAVIS, P. K. JENKINS, A. S. CARROLL (2004): Effects of Bird Age, Density, and Molt on Behavioral Profiles of Two Commercial Layer Strains in Cages. *Poult. Sci.* 83, 15 – 23.
6. ANDERSON, K. E., G. B. HAVERSTEIN (2007): Effects of alternative molting programs and population on layer performance: Results of the Thirty-Fifth North Carolina Layer Performance and Management Test. *J. Appl. Poult. Res.* 16, 365 – 380.
7. ANTOLOVIĆ, P. (2020): Proizvodnja i distribucija peradi i peradarskih proizvoda u Republici Hrvatskoj. Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, Hrvatska.
8. ARRINGTON, L. R., R. A. SANTA CRUZ, R. H. HARMS, H. R. WILSON (1967): Effects of excess dietary iodine upon pullets and laying hens. *J. Nutr.* 92, 325 – 330.
9. ASSENMACHER, I. (1958): Recherches sur le controle hypothalamique de la fonction gonadotrope prehypophysaire chez le canard. *Arch. Anat. Microsc. Morphol. Exp.* 47, 447 – 452.
10. BACHAM, S. E., M. M. MASHALY (1987): Relationship between circulating thyroid hormones and cell-mediated immunity in immature male chickens. *Dev. Comp. Immunol.* 11, 203 – 213.
11. BATTLE, P. F., T. PIERSMA, M. W. DIETZ, S. TANG, A. DEKINGA, K. HULSMAN (2000): Empirical evidence for differential organ reductions during trans-oceanic bird flight. *Proc. Biol. Sci.* 267, 191 – 195.

12. BASS, P. D., D. M. HOOGE, E. A. KOUTSOS (2006): Dietary thyroxine induces molt in chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 146, 335 – 341.
13. BELCHETZ, P. E., T. M. PLANT, Y. NAKAI, E. J. KEOGH, E. KNOBIL (1978): Hypophysial responses to continuous and intermittent delivery of gonadotropin releasing hormone. *Science.* 202, 631 – 632.
14. BELL, D. D. (2002): Flock Replacement Programs and Flock Recycling. U: Commercial Chicken Meat and Egg Production. (Bell D. D., Weaver Jr. W. D., Ur.), Springer Science+Business Media New York, str. 1059-1077.
15. BELL, D. D., D. R. KUNEY (2004): Farm evaluation of alternative moulting procedures. *J. Appl. Poult. Res.* 13, 673 – 679.
16. BENTLEY, G. E., T. UBUKA, N. L. MCGUIRE, V. S. CHOWDHUR, Y. MORITA, T. YANO, I. HASUNUMA, M. BINNS, J. C. WINGFIELD, K. TSUTSUI (2007): Gonadotropin-inhibitory hormone and its receptor in the avian reproductive system, *Gen. Comp. Endocrinol.* 156, 34 – 43.
17. BERRY, W. D. (2003): The Physiology of Induced Molting. *Poult. Sci.* 82, 971 – 980.
18. BIGGS, P. E., M. E. PERSIA, K. W. KOELKEBECK, C. M. PARSONS (2004): Further Evaluation of Nonfeed Removal Methods for Molting Programs. *Poult. Sci.* 83, 745 – 752.
19. BURKE, W. H., Y. A. ATTIA (1994): Moulting single comb White Leghorns with the use of the Lupron Depot formulation of leuprolide acetate. *Poult. Sci.* 73, 1226 – 1232.
20. BURTON, M., R. BURTON (1980): The New International Wildlife Encyclopedia. N.C.L.C. Limited, London, UK.
21. BUTLER, P. J., A. J. WOAKES (1990): The physiology of bird flight. U: Bird Migration (E. Gwinner, Ur.), Springer, Berlin, str. 300 – 318.
22. BREEDING, S. W., J. BRAKE, J. D. GARLICH, A. L. JOHNSON (1992): Molt induced by dietary zinc in a low-calcium diet. *Poult. Sci.* 71, 168 – 180.
23. CAPASSO, G., G. DE TOMMASO, A. PICA, P. ANASTASIO, J. CAPASSO, R. KINNE, N. G. DE SANTO (1999): Effects of thyroid hormones on heart and kidney functions. *Miner. Electrolyte Metab.* 25, 56 – 64.
24. CARSIA, R. V., S. Harvey (2000): Reproductive parameters and plasma corticosterone concentrations. U: Sturkie's Avian Physiology (G. Causey Wittow, Ur.) 5. izd., Academic Press, San Diego, str. 511 – 512.

25. CLAYTON, N. (1982): Gonadotropin releasing hormone modulation of its own receptors: Evidence for biphasic regulation. *Endocrinology*. 111, 152 – 161.
26. CRNČAN, A., L. HADELAN, I. KRALIK, J. KRISTIĆ (2017): Organizacijska obilježja proizvođača konzumnih jaja u Hrvatskoj. *Stočarstvo*. 71, 3 – 8.
27. DAVIS, A. J., M. M. LORDELO, N. DALE (2002): The use of cottonseed meal with or without added soap stock in laying hen diets. *J. Appl. Poult. Res.* 11, 127 – 133.
28. DECUYPERE, E., P. VAN AS, S. VAN DER GEYTEN, V. M. DARRAS (2005): Thyroid hormone availability and activity in avian species: a review. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29, 63 – 77.
29. DECUYPERE, E., G. VERHEYEN (1986): Physiological basis of induced molting and tissue regeneration in fowls. *Worlds Poult. Sci. J.* 42, 56 – 68.
30. DICKERMAN, R. W., J. M. BAHR (1988): Moulting induced by gonadotrophin releasing hormone agonist as a model for studying endocrine mechanisms of moulting in laying hens. *Poult. Sci.* 68, 1402 – 1408.
31. DUNCAN, I. J. H., J. A. MENCH (1993): Behaviour as an indicator of welfare in various systems. *Proceedings of the Fourth European Symposium on Poultry Welfare*, 18.-21. rujna, Potters Bar, UK, str. 68 - 80.
32. EKIN, Z. (2005): Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. *J. Agron.* 4, 83 – 87.
33. ETCHES, R. J., J. B. WILLIAMS, J. RZASA (1984): Effects of corticosterone and dietary changes in the hen on ovarian function, plasma LH and steroid and the response to exogenous LHRH. *J. Reprod. Fertil.* 70, 121 – 130.
34. FLOCK, D. K. (2016): Molting of Laying Hens: test results from North Carolina and implications for US and German egg producers. *LOHMANN Information*. 50, 12 – 17. <https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/VOL49-FLOCK-Molting-hens.pdf> (17.04.2024.)
35. FOLLETT, B. K. (1973): Circadian rhythms and photoperiodic time measurement in birds. *J. Reprod. Fertil.* 19, 5 – 18.
36. GA, G. W., S. K. KIM, Y. G. KIM, J. I. KIM, K. I. KIM, K. E. KIM, Y. R. KIM, E. J. KIM, B. K. AN (2022): Evaluation of different non fasting molting methods on laying performance and egg quality during molting and post molting periods. *J. Anim. Sci. Techno.* 64, 717 – 726.
37. HARMS, R. H. (1981): Effect of removing salt, sodium, or chloride from the diet of commercial layers. *Poult. Sci.* 70, 333 – 336.

38. HOLT, P. S. (1992): Effect of induced molting on B cell and CT4 and CT8 T cell numbers in spleens and peripheral blood of white leghorn hens. *Poult. Sci.* 71, 2027 – 2034.
39. HUSSEIN, A. S., A. H. CANTOR, T. H. JOHNSON (1989): Comparison of the use of dietary aluminium with the use of feed restriction for forced moulting laying hens. *Poult. Sci.* 68, 89 – 896.
40. JOHNSON, A. L., J. BRAKE (1992): Zinc-induced molt: evidence for a direct inhibitory effect on granulosa cell steroidogenesis. *Poult. Sci.* 71, 161 – 167.
41. JURIC, V., I. JAJIC. V. BURSIC, J. JURIC (2005): Nutritivna i upotrebna vrednost jaja. *Letopis naučnih radova.* 29, 138 – 145.
42. KIM, W. K., L. M. DONALSON, A. D. MITCHELL, L. F. KUBENA, D. J. NISBET, S. C. RICKE (2006): Effects of alfalfa and fructooligosaccharide on molting parameters and bone qualities using dual energy X-ray absorptiometry and conventional bone assays. *Poult. Sci.* 85, 15 – 20.
43. KING, A. J., G. ZEIDLER (2004): Tomato pomace may be a good source of vitamin E in broiler diets. *Cal. J. Agric.* 58, 59 – 62.
44. KESHAVARZ, K., F. W. QUIMBY (2002): An Investigation of Different Molting Techniques with an Emphasis on Animal Welfare, *J. Appl. Poult. Res.* 11, 54 – 67.
45. KOCH, J. M., J. S. MORITZ, D. C. LAY, M. E. WILSON (2005): Melengestrol acetate in experimental diets as an effective alternative to induce a decline in egg production and reversible regression of the reproductive tract in laying hens. I. Determining an effective concentration of melengestrol acetate. *Poult. Sci.* 84, 1750 – 1756.
46. KOELKEBECK, K. W., K. E. ANDERSON (2007): Molting layers – Alternative methods and their effectiveness. *Poult. Sci.* 86, 1260 – 1264.
47. KOHLER, G. O., D. D. KUZMICKY, R. PALTER, J. GUGGOLZ, V. V. HERRING (1966): Safflower meal. *J. Am. Oil Shem. Soc.* 43, 413 – 415.
48. KRALIK, G., Z. ŠKRTIĆ, Z. KRALIK, D. HANŽEK (2007): Utjecaja različitih ulja u hrani za nesilice na kakvoću jaja i sadržaj masnih kiselina u žumanjcima jaja. *Krmiva.* 49, 15 – 125.
49. KRALIK, G., E. HAS-SCHÖN, D. KRALIK, M. ŠPERANDA (2008): Peradarstvo, biološki i zootehnički principi. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku Osijek, Hrvatska.
50. KUENZEL, W. J., R. F. WIDEMAN, M. CHAPMAN, C. GOLDEN, D. M. HOOGE (2005): A practical method for induced moulting of caged layers that combines full

- access to feed and water, thyroactive protein, and short day length. *Worlds Poult. Sci J.* 61, 599 – 624.
51. LE MAHO, Y. (1977): The emperor penguin: A strategy to live and breed in the cold. *Am. J. Sci.* 65, 680 – 693.
 52. LE MAHO, Y., H. VU VAN KHA, H. KOUBI, G. DEWASMES, J. GIRARD, P. FERRE, M. CAGNARD (1981): Body composition, energy expenditure, and plasma metabolites in long-term fasting geese. *Am. J. Physiol.* 241, 342 – 354.
 53. LE NEIDRE, P., D. GUEMENE, C. ARNOULD, C. LETERRIER, J. M. FAURE, A. PRUNIER, M. C. MEUNIER-SALAUN (2004): Space, environmental design and behaviour: Effect of space and environment on animal welfare. Global conference on animal welfare: an OIE initiative, 23.-25. veljače, Pariz, str. 135 – 141. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Conferences_Events/docs/pdf/proceedings.pdf (24.03.2024.)
 54. LEESON, S., J. D. SUMMERS (1997): *Commercial Poultry Nutrition*. 2. izd., Univ. Books, Guelph, Canada.
 55. LI, N., Z. RENT, D. LI, L. ZEN (2019): Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 14, 617 – 625.
 56. MANSOORI, B., M. MODIRSANEI, M. FARKHOY, M. KIAEI, J. HONARZAD (2007): The influence of different single dietary sources on moult induction in laying hens. *J. Sci. Food. Agric.* 87, 2555 – 2559.
 57. MAZZUCO, H., P. Y. HESTER (2005): The effect of an induced molt using a nonfasting program on bone mineralization of white leghorns. *Poult. Sci.* 84, 1483 – 1490.
 58. MAZZUCO, H., V. S. AVILA, A. COLDEBELLA, R. MORES, F. R. F. JAENISCH, L. S. LOPES (2011): Comparison of the effect of different methods of molt: Production and welfare evaluation. *Poult. Sci.* 90, 2913 – 2920.
 59. MCKEEN, W. D. (1984): Feeding grape pomace to Leghorn hens as an alternative to starvation to induce a moult. *Poult. Sci.* 63 (Suppl. 1), 148 – 149. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=61fc4f1a46d03ae562ec4123888676371dd43043> (26.04.2024.)
 60. MCNAB, J. M., K. N. BOORMAN (2002): *Poultry science symposium series. Poultry Feedstuff*, CABI Publishing, Oxford, UK, str. 73.

61. MOURA, D. J., I. A. NAAS, D. F. PEREIRA, R. B. T. R. SILVA, G. A. CAMARGO (2006): Animal Welfare Concepts and Strategy for Poultry Production: A review. *Braz. J. Poult. Sci.* 8, 137 – 148.
62. NATIONAL FEED & GRAIN ASSOCIATION (2009): Tomato pomace, dried. <http://ingredients101.com/tompom.htm> (23.04.2024.)
63. PATWARDHAN, D., A. KING (2010): Review: feed withdrawal and non feed withdrawal moult. *Worlds Poult. Sci. J.* 67, 253 – 268.
64. PAVIČIĆ, Ž., M. OSTOVIĆ (2013): Dobrobit farmskih životinja. *HVV.* 21, 55 – 57. <https://hrcak.srce.hr/231848> (25.03.2024.)
65. PLATELET, K., K. SRINIVASAN (2004): Digestive stimulant action of spices: A myth or reality? *Indian J. Med. Res.* 119, 167 – 179.
66. PORTER, R. E. Jr., P. S. HOLT (1993): Effect of induced molting on the severity of intestinal lesions caused by *Salmonella enteritidis* infection in chickens. *Avian Dis.* 37, 1009 – 1016.
67. Pravilnik o uvjetima kojima moraju udovoljavati farme i uvjetima za zaštitu životinja na farmama (Narodne novine, br. 136/05) https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_11_136_2550.html (25.03.2024.)
68. PRUKNER-RADOVČIĆ, E., D. HORVATEK TOMIĆ, Ž. GOTTSTEIN (2017): *Peradarstvo*. Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
69. REINEKE, E. P., C. W. TURNER (1942): Formation in vitro of highly active thyroproteins, their biologic assay, and practical use. *MOAES Bull.* 355, 1 – 88.
70. ROSS, E., R. B. HERRICK (1981): Forced rest induced by molt or low salt diet and subsequent hen performance. *Poult. Sci.* 60, 63 – 67.
71. ROWAN, W. (1926): On photoperiodism, reproductive periodicity and the annual migrations of birds and certain fishes. *Proc. Boston Soc. Nat. Hist.* 38, 147 – 180.
72. RSPCA AUSTRALIA (2015): Layer Hens RSPCA Approved Farming Scheme Standards, RSPCA Australia. <https://rspcaapproved.org.au/wpcontent/uploads/2022/03/RSPCALayerhensStandards.pdf> (20.03.2024.)
73. SCANES, C. G., S. DRIDI (2021): *Sturkie's Avian Physiology*. 7. izd., Academic Press, str. 921 – 952.
74. SEKIMOTO, K., I. M. SUZUKI, H. TAKIKAWA, N. HOSHINO, K. TOTSUKA (1987): Thyroxine-induced molting and gonadal function of laying hens. *Poult. Sci.* 66, 752 – 756.

75. SENČIĆ, Đ. (2011): Tehnologija peradarske proizvodnje. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska.
76. SHERRY, D. F., N. MROSOVSKY, J. A. HOGAN (1980): Weight loss and anorexia during incubation in birds. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 94, 89 – 98.
77. SOOMRO, H. (2018): Alternative Use Of Turmeric In Induce Molting On Performance Of Layers. *Int. J. Eng. Res.* 9, 1150 – 1179.
<https://www.researchgate.net/publication/326894157> (25.04.2024.)
78. STAKE, P. E., T. N. FREDERICKSON, W. OKULICZ, R. L. SHIPPEE, D. J. FOURNIER (1979): Tamoxifen induced forced-rest/molt in laying hens. *Poult. Sci.* 58, 1111.
79. STEVENSON, M. H., N. JACKSON (1984): Comparison of dietary hydrated copper sulphate, dietary zinc oxide and a direct method for inducing moult in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 25, 505 – 517.
80. STEVENSON, P. (2012): European Union Legislation on the Welfare of Farm Animals. <https://www.animallaw.info/article/european-union-legislation-welfare-farm-animals> (25.03.2024.)
81. ŠPILJAK, L. (2019): Iako se peradarstvo čini lakom proizvodnjom, zahtijeva brigu zbog preventive i tehnologije uzgoja pa ne uspiju svi. *Poslovni dnevnik.* <https://www.poslovni.hr/hrvatska/iako-se-peradarstvo-cini-lakom-proizvodnjom-zah-tijeva-brigu-zbog-preventive-i-tehnologije-uzgoja-pa-ne-uspiju-svi-349563> (10.03.2024.)
82. TABIBZADEH, C., I. ROZENBOIM, J. L. SILSBY, G. R. PITTS, D. N. FOSTER, M. E. EL HALAWANI (1995): Modulation of ovarian cytochrome P450 17S-hydroxylase and cytochrome aromatase mRNA by prolactin in the domestic turkey. *Biol. Reprod.* 52, 600 – 608.
83. TANABE, Y., T. KATSURAGI (1962): Thyroxine secretion rates of molting and laying hens, and general discussion on the hormonal induction of molting in hens. *Natl. Inst. Agric. Sci. (Jpn) Bull. Ser.* 49 – 59.
84. TATA, J. R., C. J. SHELLABARGER (1959): An explanation for the difference between the responses of mammals and birds to thyroxine and tri-iodothyronine. *Biochem. J.* 72, 608 – 613.
85. TONA, K., O. M. ONAGBESAN, Y. JEGO, B. KAMERS, E. DECUYPERE, V. BRUGGEMAN (2004): Comparison of embryo physiological parameters during

- incubation, chick quality, and growth performance of three lines of broiler breeders differing in genetic composition and growth rate. *Poult. Sci.* 83, 507 – 513.
86. VAN DER MEULEN, J. B. (1939): Hormonal regulation of molt and ovulation. *Proceedings of the 7th World's Poultry Congress*, 28. srpnja – 7. kolovoza, Cleveland, OH, str. 109 – 118.
87. VAN TIENHOVEN, A. (1981): Neuroendocrinology of avian reproduction with special emphasis on the reproductive cycle of the fowl (*Gallus domesticus*). *Worlds Poult. Sci. J.* 37, 155 – 176.
88. VERHEYEN, G., E. DECUYPERE, E. R. KUHN, G. FONTAINE, G. DE GROOTE, G. (1983): Arrêt de la ponte par induction chez la poult. Effet de différentes méthodes sur certains paramètres de production et sur les concentrations en hormones thyroïdiennes, en prolactine, en Ca, P, Na et en protéines dans le sérum sanguin. *Rev.* 36, 1535 – 1559.
89. VERMAUT, S., K. DE CONINCK, O. ONAGBESAN (1998): A jojoba-rich diet as a new forced moulting method in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 7, 239 – 246.
90. WEBSTER, A. B. (2003): Physiology and Behavior of the Hen During Induced Molt. *Poult. Sci.* 82, 992 – 1002.
91. WILLIAMS, J. B., R. J. ETCHES, J. RZASA (1985): Induction of a pause in laying by corticosterone infusion or dietary alterations: Effects on the reproductive system, food consumption and body weight. *Brit. Poult. Sci.* 26, 25 – 34.
92. YALCIN, S., Z. KAHRAMAN, S. YALCIN, S. S. YALCIN, H. E. DEDEOGLU (2004): Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 45, 499 – 503.
93. YOUSAF, M., A. S. CHAUDHRY (2008): History, changing scenarios and future strategies to induce moulting in laying hens. *Worlds Poult. Sci. J.* 64, 65 – 71.
94. ZAVADOVSKY, B. (1925): The effect of feeding fowls on thyroid gland. *Endocrinology.* 9, 125 – 136.

6. SAŽETAK

Pregled metoda induciranog mitarenja u suvremenoj peradarskoj proizvodnji

Petra Potnešil

Mitarenje u peradi je fiziološki proces odbacivanja staroga i rasta novoga perja. Istovremeno nastupa i involucija reproduktivnog sustava. U prirodi se ono poklapa za inkubacijom jaja i odgojem podmlatka, dok se u intenzivnoj peradarskoj proizvodnji odvija pod ljudskim utjecajem. Inducirano mitarenje može biti potaknuto konvencionalnim ili alternativnim metodama, a cilj mu je smanjiti ili zaustaviti proizvodnju jaja kako bi u sljedećem proizvodnom ciklusu ona bila veća, s jajima bolje kvalitete. Konvencionalne metode se baziraju na uskraćivanju hrane i/ili vode te smanjenu fotoperioda. S druge strane, alternativne metode primjenjuju različite tvari (minerale, hormone i hormonski aktivne tvari, biljne ekstrakte, sjemenke žitarica, začine i sl.) samostalno ili kao dodatke krmnim smjesama. Usporedba navedenih metoda je ukratko prikazana u ovome radu. Iako su obje vrste metoda učinkovite, uskraćivanje hrane i vode uzrokuje određenu razinu stresa na organizam nesilica, što negativno djeluje na dobrobit životinja u proizvodnji. Stoga se sve više pažnje pridaje alternativnim načinima proizvodnje.

Ključne riječi: perad, mitarenje, dobrobit, konvencionalne metode, alternativne metode

7. SUMMARY

Overview of methods of induced moulting in modern poultry production

Petra Potnešil

Molting in poultry is a physiological process of discarding old feathers and growing new feathers. At the same time, the involution of the reproductive system occurs. In nature, it coincides with incubation of eggs and rearing of young birds, while in intensive poultry production it is artificially induced and takes place under human influence. Induced molting can be conducted by conventional or alternative methods, and its goal is to reduce or stop egg production so that in the next production cycle the production increases and the egg quality improves. Conventional methods are based on food and/or water deprivation and reduced photoperiod. On the other hand, alternative methods apply various substances (minerals, hormones and hormonally active substances, plant extracts, grain seeds, spices, etc.) independently or as additives to feed mixtures. The comparison of these methods is presented in this thesis. Although both types of methods are effective, the deprivation of food/water causes a certain level of stress on the laying hens, which has a negative effect on the welfare of the birds in production. Therefore, more and more attention is being paid to alternative methods of production.

Key words: poultry, moulting, welfare, conventional methods, alternative methods

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 22.02.1998. godine u Našicama, gdje sam završila i osnovnu školu. Istovremeno sam pohađala i Osnovnu glazbenu školu Kontesa Dora. Svoje daljnje obrazovanje, do 2013. do 2017., nastavljam u Srednjoj školi Isidora Kršnjavog Našice. U ovome periodu sam položila ispit za DSD I (Deutsches Sprachdiplom) diplomu. Odmah nakon srednjoškolskog obrazovanja upisujem integrirani preddiplomski i diplomski studij veterinarske medicine na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Veterinarsku praksu sam odradila u veterinarskoj ambulanti „Sesvete”.