

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Ing. Jana Vlčková

.....
Katedra speciální zootechniky

Vliv systému ustájení na vlastnosti skořápky a vnitřní kvalitu vajec

The effect of housing system on egg shell quality and internal quality

.....
autoreferát doktorské disertační práce

Studijní program: Zootechnika (P4103)
Studijní obor: Speciální zootechnika (4103V004)
Školitel: **prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.**
Katedra speciální zootechniky

Oponenti:

Obhajoba doktorské disertační práce se koná dne:
vhod. na: Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze

S doktorskou disertační prací je možno se seznámit na děkanátě FAPPZ ČZU v Praze.

P r a h a 2 0 1 6

OBSAH

1	PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU POZNÁNÍ	3
2	VĚDECKÉ HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE	4
3	MATERIÁL A METODIKA	4
3.1	Pokus 1	4
3.2	Pokus 2	5
3.3	Pokus 3	7
3.4	Statistické vyhodnocení	8
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	9
4.1	Pokus 1	9
4.2	Pokus 2	10
4.3	Pokus 3	11
5	ZÁVĚR	13
6	SUMMARY	15
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	16
8	SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE	20

Disertační práce byla zpracována na Katedře speciální zootechniky, Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze v rámci projektu „S“ Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

1 PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU POZNÁNÍ

Současné intenzivní chovy drůbeže, nabízejí stále nová technologická řešení, která usnadňují práci a zvyšují produktivitu. Nicméně, tyto systémy ne vždy odpovídají přirozeným potřebám ptáků. Ignorování vhodných životních podmínek zvířat není jen etický problém, ale i praktický, neboť pohoda a komfort ustájení se promítají do vyšších přírůstků, zdraví a produkce zvířat. V Evropské unii a ve světě jsou v současnosti vejce produkována v intenzivních systémech, zejména v obohacených klecích, donedávna to byly ještě také klece konvenční, a na podestýlce. Každý způsob systému ustájení a technologického řešení je spojen s určitými výhodami, ale i problémy. Klecové systémy jsou v současné době ekonomicky nejvýhodnějším systémem ustájení. Jejich předností je zejména vysoká produkce vajec na m² podlahové plochy, vysoká produktivita práce, lepší zdravotní stav nosnic, nízké procento znečištěných vajec a vysoká hygiena chovu. Na druhou stranu v neobohacených klecích však nosnice mají pouze omezenou možnost projevit své přirozené a komfortní chování a je zde vyšší podíl vajec s porušenou skořápkou. Obohacené klece představují spojení výhod konvenčních klecí, jako je chov v menších skupinách, díky kterým je předcházeno stresu ze sociální hierarchie a navíc je zde nosnicím umožněno projevit své přirozené vzorce chování díky hřadům, snáškovým hnízdům, popelišti a zařízením na obrus drápů, kterými jsou tyto klece vybaveny. Výhodou alternativních systémů ustájení je především v možnosti volného pohybu a projevu svých vrozených instinktů, ale i možnosti úniku při napadení jiným jedincem. Naproti tomu jsou zde slepice v přímém kontaktu s trusem, v halách je vyšší prašnost a produkce amoniaku. V těchto systémech také není možné, aby nosnice vytvořily skupiny se stabilním sociálním pořádkem, a tak dochází k častým střetům. Pohyb slepic a nižší teplota rovněž zvyšují spotřebu krmiva. Proto zajištění optimálních podmínek v chovu vyžaduje vysokou odbornou úroveň ošetřovatelů.

Se zvyšujícím se povědomím spotřebitelů o otázkách bezpečnosti potravin se změnilo i vnímání kvalitního vejce, a to od čistoty skořápky, fyzikálních vlastností až po bakteriální kontaminaci. Rovněž převažuje zájem o vejce produkovaná v systémech, které jsou ke slepicím šetrnější. S příchodem nové směrnice EK 74/1999, která vešla v platnost v roce 2012 a nařizuje nahrazení konvenčních klecí klecemi obohacenými, nebo alternativním typem ustájení, se objevilo mnoho prací, které sledovaly vliv různých systémů ustájení na kvalitu vajec.

Vejce představuje ideální potravinu, neboť je plnohodnotným zdrojem mastných kyselin, vitamínů, minerálních látek a samozřejmě bílkovin, které obsahují všechny esenciální

aminokyseliny. Kritéria pro kvalitní vejce zahrnují takové různorodé a důležité aspekty jakými jsou bezpečnost, nutriční a organoleptické vlastnosti, z nichž všechny musí být kontrolovány od výrobce až ke spotřebiteli. Pro chovatele slepic, zemědělce, potravinářský průmysl, třídírny vajec a marketingové společnosti je hlavní prioritou dodávat bezpečný a kvalitní produkt, který je akceptován spotřebiteli.

Kvalita vaječné skořápky je jeden z důležitých parametrů kvality vajec a má velmi významný vliv na skladování a manipulaci. Porušená a znečištěná skořápka také představuje vysoké riziko mikrobiální kontaminace vaječného obsahu. Vejce kontaminovaná mikroorganismy pak hrají v chovech drůbeže důležitou roli jak v patologii, tak i v šíření chorob. Mikroorganismy mohou zapříčinit zvýšení embryonální mortality, snížení líhivosti, zvýšení mortality u čerstvě vylíhlých kuřat a ani infekce u lidí způsobené např. salmonelami nejsou neobvyklé.

2 VĚDECKÉ HYPOTÉZY A CÍLE PRÁCE

Systém ustájení ovlivňuje užitek i kvalitu vajec. Lze předpokládat, že ovlivňuje i vlastnosti skořápky a její strukturu. Systém ustájení ovlivňuje i mikrobiální kontaminaci vajec. Je pravděpodobné, že kontaminace vajec a struktura skořápky budou mít vliv na penetraci mikroorganismů do vejce a i na vnitřní kvalitu vajec během skladování. V souvislosti s ustájením slepic je také otázkou, jaký vliv na kvalitu skořápky a mikrobiální kontaminaci má barva světla.

Cílem disertační práce je zjistit vliv systému ustájení na strukturu skořápky, mikrobiální kontaminaci a následně její vliv na penetraci mikroorganismů do vejce, na změny kvality během skladování. Posoudit vliv barvy světla na kvalitu skořápky a mikrobiální kontaminaci.

3 MATERIÁL A METODIKA

V rámci disertační práce byly realizovány tři pokusy.

3.1 Pokus 1

Pokus 1 byl zaměřen na zjištění vlivu barvy světla na kvalitu vzduchu v hale, užitek nosnic a mikrobiální kontaminaci vaječné skořápky v provozních podmínkách.

V experimentu byly použity nosnice genotypu ISA hnědá ve věku od 22. do 75. týdne věku. Slepice byly umístěny ve 4 halách s barevnými světly (14 400 nosnic na halu) se shodnými podmínkami prostředí. Nosnice byly umístěny v tříetážových obohacených klecích (20 nosnic na klec, 750 cm²/nosnici). Byly použity následující barvy světla: modrá, zelená, červená a žlutá. Jako světelný zdroj byly použity světelné diody (LED) umístěné nad řetězovým krmítkem po celé délce klece. Denní světelný režim se skládal z 15 hodin světla a intenzita světla byla 10 luxů. Nosnice byly krmeny standardní krmnou směsí, N1 od 20. do 40. týdne a N2 od 41. týdne věku. Krmení i voda byly podávány *ad libitum*. Mikroklimatické podmínky odpovídaly standardním požadavkům pro chov nosnic.

Produkce vajec a mortalita byly denně zaznamenávány. Hmotnost vajec byla hodnocena ve 4 týdenních intervalech, kdy bylo při každém sběru z každé skupiny odebráno 1000 vajec.

Mikrobiální složení vzduchu bylo měřeno přístrojem Air Sampler MAS – 100 Eco (MBV AG, Stäfa, Switzerland) umístěném na úrovni střední etáže. Byl sledován celkový počet mikroorganismů (CPM), *Escherichia coli* (EC) a *Enterococcus* (E) na metr kubický vzduchu. Vzorky vzduchu byly odebírány ve 4 týdenních intervalech v průběhu celého snáškového cyklu. Výsledný proud vzduchu byl přenesen na standardní Petriho misku obsahující agar. Pro detekci CPM byl použit Standard plate count agar (Oxoid), pro EC MacConkey agar (Oxoid) a pro E Slanetz Bartley agar (Oxoid). Petriho misky byly inkubovány 120 hodin při 30°C (CPM) a 48 hodin při 37°C (EC a E).

Vejce pro analýzu mikrobiální kontaminace vaječné skořápky byla sbírána ve 4 týdenních intervalech. V jednom sběru bylo odebráno 6 vajec od každého světla (2 vejce z horní etáže, 2 vejce ze střední etáže a 2 vejce ze spodní etáže). Celkem tak bylo zanalyzováno 120 vajec. Mikrobiální analýza povrchu skořápky byla provedena na čerstvých vejcích podle Englmaierové et al. (2014). Mikrobiální analýza byla provedena pomocí standardních agarových metod. U vajec podobně jako ve vzduchu byl sledován celkový počet mikroorganismů, *Escherichia coli* a *Enterococcus*. Typické kolonie tvořící jednotku (ktj) byly na Petriho miskách spočítány a následně převedeny na logaritmus po inkubaci.

3.2 Pokus 2

Cílem pokusu 2 bylo sledování vlivu systému ustájení a obsahu vápníku na technologické ukazatele kvality vajec, na rozsah mikrobiální kontaminace vaječné skořápky a penetrace mikroorganismů do vaječného obsahu a na skladovatelnost vajec.

Pokus byl realizován se 172 nosnicemi ISA hnědá od 20. do 69. týdne věku. Slepice byly rozděleny do 3 skupin podle systému ustájení, 72 slepic v konvenční kleci (550 cm²/nosnici), 60 slepic na podestýlce (7 nosnic/m²) a 40 slepic ve voliére (15 nosnic/m²). Každá skupina byla dále rozdělena dle obsahu vápníku na podskupinu pokusnou (Ca 3 %) a na kontrolní (Ca 3,5 %). Celkem tedy bylo sledováno 6 skupin. Během sledování byly slepice krmeny obchodní krmnou směsí N1P, N1K, N2P a N2K, kdy od 20. do 40. týdne věku byla použita krmná směs N1P a N1K. Nosnice ve věku od 41. do 69. týdne věku dostávaly krmnou směs N2P a N2K. Složení krmných směsí je uvedeno v tabulkách 1, 2 a 3. Napájení a podávání krmné směsi bylo *ad libitum*. Podmínky vnějšího prostředí odpovídaly běžným požadavkům pro chov nosnic. Světelný režim odpovídal požadavkům pro hybrida ISA hnědá (světelný den s 15 hodinami světla).

V tomto pokusu byla sledována užitečnost slepic prostřednictvím počtu snesených vajec a denní spotřeby krmiva (g/slepici).

Z charakteristik kvality skořápky byla sledována ve všech třech systémech ustájení hmotnost skořápky, která byla zvážena po vysušení. Dále byla sledována tloušťka skořápky v ekvatoriální rovině po odstranění podskořápečných blan, a to pomocí mikrometru QCT (TSS, York, England). Pevnost skořápky byla sledována na zařízení QC - SPA (TSS, York, England). Podíl skořápky byl vypočítán z hmotností vejce a skořápky.

Vejce k rozborům skladovatelnosti byla odebírána ve 28 denním intervalu, vždy 2 dny po sobě, z klecí a podestýlky a ze skupin s obsahem vápníku 3 a 3,5 %. Hmotnost vejce, index tvaru vejce, kvalitativní ukazatele bílku (Haughovy jednotky, index bílku, podíl bílku a pH bílku) a žloutku (index žloutku, podíl žloutku a barva žloutku) byly sledovány i v rámci různé doby skladování, a to u čerstvých, 7, 14 a 21 dní skladovaných vajec pouze z konvenční klece a z podestýlky. Vejce byla skladována při pokojové teplotě 20 - 22 °C a relativní vlhkosti 55 - 60 %. Z každé doby skladování, z každého systému ustájení a z každé úrovně výživy vápníkem bylo zanalyzováno 160 vajec. Celkem tak bylo zhodnoceno 640 vajec.

Vejce pro analýzu mikrobiální kontaminace vaječné skořápky byla sbírána z konvenční klece a z podestýlky. Provedení této analýzy bylo shodné s pokusem 1. Vejce byla odebírána ve 28 denním intervalu, vždy 3 vejce (rozbor ve dni sběru) + 3 x 2 vejce (rozbor po 2, 7 a 14 dnech skladování na čisté proložce při pokojové teplotě 20 - 22 °C a relativní vlhkosti 55 - 60 %) z každé ze 4 skupin (konvenční klec + krmná směs se 3,5 % a 3 % vápníku, podestýlka + krmná směs se 3,5 % a 3 % vápníku). V jednom rozboru bylo pro stanovení mikrobiální kontaminace zhodnoceno 36 vajec a celkem 300 vajec za celé sledované období. U vajec, která byla skladována 2, 7 a 14 dní, byla dále provedena také

mikrobiální analýza vaječného obsahu, a to podskořápečných blan a bílku. Po vytvoření ředících řad bylo stanovení mikroorganismů provedeno standardními plotnovými metodami, jako tomu bylo při stanovení mikrobiální kontaminace vaječné skořápky a vypočítány kolonie tvořící jednotku (ktj). Dále bylo dopočítáno procentuální zastoupení vajec, do jejichž obsahu penetrovaly mikroorganismy.

3.3 Pokus 3

Pokus byl zaměřen na zjištění vlivu systému ustájení na kvalitu vaječné skořápky, její mikrobiální kontaminaci a následně penetraci do vaječného obsahu, dále na technologickou hodnotu vajec a na obsah bílkovin ve vaječném bílku v průběhu skladování.

Sledování bylo realizováno u vajec slepic ISA hnědá ustájených v obohacených klecích (750 cm²/nosnici) a ve výběhu (9 ks/m²). Podmínky pokusu odpovídaly běžným požadavkům nosných slepic uvedených v pokusu 2.

Vejde pro stanovení skladovatelnosti byla sbírána mezi 20. a 60. týdnem věku slepic ve 28 denním intervalu. Hmotnost vejce, kvalitativní ukazatele bílku a žloutku byly navíc sledovány u vajec čerstvých a skladovaných 2, 7, 14 a 21 dnů. Uskladněna byla při pokojové teplotě 20 - 22 °C a relativní vlhkosti 55 - 60 %. Celkem tak bylo zanalyzováno 900 vajec, z toho vždy 150 vajec z jednoho systému ustájení v jednom sběru a tedy 30 vajec na každý den skladování. Z ukazatelů kvality bílku byly hodnoceny Haughovy jednotky, index, podíl a pH bílku. Kvalita žloutku byla vyjádřena indexem, podílem a barvou. Z ukazatelů kvality skořápky byla v tomto pokusu sledována hmotnost, tloušťka, pevnost a podíl skořápky. Stanovení jednotlivých ukazatelů odpovídalo pokusu 2. Oproti experimentu 2 byla navíc v tomto pokusu stanovena také deformace skořápky, a to pomocí zařízení QC - SPA (TSS, York, England), dále barva skořápky, která byla měřena QCR reflektometrem, který pracuje jako procentuální vyjádření mezi bílou a černou barvou, kde čistě bílá má 100 % a černá 0 %. Povrch skořápky byl hodnocen na základě vzorce uváděného Thomsonem et al. (1985): $4,67 \times \text{hmotnost vejce}^{2/3}$. Nakonec byl stanoven i index skořápky, který byl vypočítán jako hmotnost skořápky/povrch x 100.

Vejde pro stanovení mikrobiální kontaminace vaječné skořápky a penetrace mikroorganismů do vaječného obsahu byla sbírána v 28 denním intervalu. Pro každou analýzu bylo použito vždy 6 vajec z každého systému ustájení a z každé doby skladování. Celkem tak bylo zanalyzováno 180 vajec. Vejce pro mikrobiální rozbor byla skladována 0, 2, 7, 14 a 21 dní při pokojové teplotě 20 - 22 °C a relativní vlhkosti 55 - 60 %. Mikrobiální

stanovení bylo shodné s pokusem 1. Při statistickém vyhodnocení výsledků byla zvlášť stanovena mikrobiální kontaminace povrchu čerstvých vajec.

U těchto vajec bylo dále ve skořápce stanovováno i množství pórů. Počet pórů byl stanoven dle metodiky Peeblese a McDaniela (2004), kdy se vaječné skořápky povařily 15 minut v 5 % NaOH, aby došlo k odstranění podskořápečných blan a veškerých zbytků bílku. Poté byly skořápky opláchnuty 3 krát v destilované vodě. Po osušení v sušárně při 50 °C byl vnitřní povrch skořápky obarven methylenovou modří (roztok byl připraven jako 0,5 g 89 % methylenové modří v jednom litru 70 % etanolu). Póry se objevily jako modrý bod na vnějším povrchu skořápky v důsledku kapilárního vztlínání. Počty pórů byly zjišťovány zvlášť z ostrého konce, tupého konce a z ekvatoriální roviny.

Koncentrace bílkovin ve vaječném bílku byla stanovena za použití metody vysokoúčinné kapalinové chromatografie RP-HPLC/PDA, kde došlo k identifikaci chromatografických piků pomocí referenčních proteinů a ke kvantifikaci vybraných proteinů. Jako referenční proteiny byly použity lysozym (Sigma - Aldrich Chemical Corporation, kat. č. 62970), ovotransferin (Sigma - Aldrich Chemical Corporation, kat. č. C0755) a ovoalbumin (Sigma - Aldrich Chemical Corporation, kat. č. S7951). Pro stanovení byl použit vzorek 5 bílků, z každého sběru vždy od čerstvých, 7, 14 a 21 dní skladovaných vajec při pokojové teplotě 20 - 22 °C a relativní vlhkosti 55 - 60 % a od každého systému ustájení. 20 mg zhomogenizovaného usušeného bílku bylo rozpuštěno v 0,8 % roztoku chloridu sodného a doplněno v 10 ml odměrné baňce po rysku. Takto připravené roztoky vaječného bílku byly zfiltrvány do vialky. Pro stanovení byla použita kolona C4 kolona Supelcosil™ LC-304 (250 x 4,6 mm, 5 μm, 300 Å) s kompatibilní předklonkou Supelcosil™ LC-304 Supelguard™ Cartridge (20 x 4,0 mm, 5 μm). Složení mobilní fáze: A - 0,025 % TFA (pH ~2,50) a B - 70 % CH₃CN, 0,025 % TFA (pH ~2,50). Průtok mobilní fáze byl 1 ml/min a nastříkovaný objem na kolonu 20 μl. Teplota kolony během chromatografické separace činila 60 °C. Detekční vlnová délka byla 214 nm.

3.4 Statistické vyhodnocení

Zjištěné hodnoty byly statisticky zhodnoceny programem SAS (SAS Institute Inc., 2003). Výsledky týkající se produkčních ukazatelů a mikrobiální kontaminace vzduchu v pokusu 1 a ukazatelů kvality skořápky, počty pórů a mikrobiální kontaminace skořápky v pokusu 2 byly zhodnoceny jednoduchou analýzou variance (ANOVA), procedurou GLM. Dvojnásobnou analýzou rozptylu byly hodnoceny jednak výsledky mikrobiální kontaminace

skořápky (pokus 1) s interakcí etáž a barva světla, a dále produkční ukazatele, ukazatele kvality skořápky a mikrobiální kontaminace skořápky (pokus 2) s interakcí systém ustájení a obsah vápníku, u mikrobiální kontaminace skořápky s interakcí systém ustájení a doba skladování. V pokusu 3 byla u technologické hodnoty vajec, mikrobiální kontaminace skořápky a obsahu bílkovin ve vaječném bílku spočítána interakce mezi systémem ustájení a dobou skladování. Data týkající se technologické hodnoty vajec (pokus 2) byly hodnoceny trojnásobnou analýzou variance s interakcí systém ustájení, doba skladování a obsah vápníku. Průkazné rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny pomocí Duncanova testu. Hodnota $P \leq 0,05$ byla považována za významnou pro všechna měření a je označen různými písmeny.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Pokus 1

Výsledky pokusu 1 naznačují, že barva světla neměla významný vliv na produkci vajec ani na jejich hmotnost, přesto však neprůkazně vyšší intenzita snášky byla pozorována při červeném světle naopak nejméně vajec bylo sneseno nosnicemi ustájenými při světle zeleném. Tyto výsledky jsou v souladu s Pyrzakem a Siopes (1986), kteří také nezaznamenali žádný vliv barvy světla na produkci vajec. Avšak, v další práci Pyrzak et al. (1987) zjistili, že signifikantně vyšší produkci vajec u nosnic ustájených při červeném světle a naopak nižší byla u slepic ustájených při modrém světle. Co se týče mortality nosnic, ta byla nejnižší při ustájení v červeném světle, naproti tomu nejvíce nosnic uhynulo při modrém světle. Mohammed et al. (2010) ve své práci zjistili, že modré světlo u nosnic zvyšuje aktivitu, a to chůzi, ozobávání peří a agresi. Savory a Mann (1999) poznamenali, že vyšší pravděpodobnost výskytu ozobávání a kanibalismu může být ve skupinách, kde je úroveň aktivity vyšší. Stejně jako produkční ukazatele, tak ani mikrobiální kontaminaci vzduchu v halách barva světla průkazně neovlivnila. Na druhou stranu, byla zaznamenána průkazná interakce u mikrobiální kontaminace povrchu vajec, a to mezi etáží a barvou světla u *Escherichia coli* a *Enterococcus*, kde nejvyšší množství *Escherichia coli* bylo ve střední etáži pod žlutou barvou světla, naopak nejnižší v horní etáži pod stejnou barvou osvětlení. U bakterií rodu *Enterococcus* bylo průkazně nejvyšší množství zaznamenáno u vajec ze střední etáže při žlutém světle, ve srovnání s horní etáží při modrém světle, kde byla kontaminace nejnižší. Během tohoto sledování byl také nalezen průkazný vliv etáže na množství mikroorganismů na vaječné skořápce. Vyšší kontaminace povrchu vejce byla zjištěna ve střední etáži oproti horní a dolní.

Výrazně vyšší kontaminace vaječné skořápky ve střední etáži by mohla být zapříčiněna vyšší koncentrací prachu v této úrovni. Kontaminace skořápky je závislá na čistotě povrchů, na kterých je vejce sneseno (Harry, 1963) a usazování prachu a nečistot na klecích během snáškového období pravděpodobně snižuje čistotu skořápky a zvyšuje bakteriální zatížení.

4.2 Pokus 2

Systém ustájení a obsah vápníku v krmné směsi ovlivnily zejména hmotnost vejce, pevnost, podíl a hmotnost skořápky, a to prostřednictvím vzájemné průkazné interakce. Systém ustájení signifikantně ovlivnil počet snesených vajec, denní spotřebu krmiva, hmotnost vajec a některé z ukazatelů kvality skořápky. V konvenční kleci byl snesen vyšší počet vajec v porovnání s podestýlkou a voliérou, ve které byla snáška nejnižší. Produkce vajec u nosnic ustájených v alternativních systémech je obecně nižší oproti klecovým systémům. S tím se shoduje i řada autorů (Tauson et al., 1999; Vits et al., 2005; Hulzebosch 2006; Voslářová et al., 2006; Gerzilov et al., 2012). Naproti tomu vyšší spotřeba krmiva byla ve voliére a těžší vejce byla sledována u nosnic ustájených na podestýlce. Ahammed et al. (2014) shodně uvádějí vyšší spotřebu krmiva ve voliére a na podestýlce v porovnání s konvenční klecí, což jak dodávají, je zapříčiněno vyšší aktivitou nosnic v těchto systémech. Obsah vápníku v krmné směsi průkazně ovlivnil pouze pevnost a podíl skořápky, s vyššími hodnotami ve skupině ustájené v kleci, co se týče pevnosti tak i ve voliére a krmnou 3,5 % vápníku což koresponduje s prací Safaa et al. (2008), kteří ve své studii uvádějí, že při zvýšené dávce vápníku (3 % vs. 4 %) byl detekován průkazně vyšší podíl skořápky (9,98 % vs. 10,20 %). Naproti tomu Cufadar et al. (2011) vliv obsahu vápníku na kvalitu skořápky nezjistili.

V rámci mikrobiální analýzy vajec byla zjištěna interakce mezi systémem ustájení a dobou skladování, a to u kontaminace skořápky celkovým počtem mikroorganismů, kde nejsilnější kontaminace byla sledována u čerstvých vajec z výběhu, naproti tomu nejnižší po 14 dnech skladování u vajec z konvenční klece. Průkazně vyšší mikrobiální znečištění *Escherichia coli* a celkovým počtem mikroorganismů v rámci systému ustájení bylo u vajec z podestýlky. Literatura se shoduje na tom, že z hlediska čistoty vajec je nejvýhodnějším ustájením klec (Abrahamsson a Tauson, 1995; De Reu et al., 2005a; Sekeroglu et al., 2008; Vučemilo et al., 2010). V průběhu skladování se signifikantně snižoval celkový počet mikroorganismů. Podobné výsledky zjistili také De Reu et al. (2005b) ve své práci, kde sledovali vliv doby skladování při pokojové teplotě na počet gramnegativních bakterií na

povrchu skořápky u vajec po 14 dnech skladování zjistili, že se počet mikroorganismů významně snižoval, a to ze 4,04 log ktj/skořápka na 3,23 log ktj/skořápka.

Vyšší penetrace *Escherichia coli* a celkového počtu mikroorganismů na podskořápečné blány byla zaznamenána u vajec z podestýlky, což korespondovalo s výrazně vyšší kontaminací povrchu vejce v tomto ustájení. Messens et al. (2005b) a De Reu et al. (2006a) uvádějí, že riziko mikrobiální penetrace je přímo úměrné počtu mikroorganismů na povrchu skořápky. V průběhu skladování *Escherichia coli* na podskořápečné blány penetrovala nejvíce po dvou dnech, zatímco enterokoky 7. den. Do vaječného bílku pak penetrovalo menší množství *Escherichia coli* a celkového počtu mikroorganismů ve srovnání s podskořápečnými blanami a co se týče enterokoků, ty do vaječného bílku nepronikly vůbec. Vliv obsahu vápníku v krmivu na velikost penetrace byl patrný v průběhu skladování, a to během 2. a 7. dne, kdy byla u vajec z podestýlky ze skupiny krmené 3,5 % vápníku výrazně vyšší penetrace na podskořápečné blány, a to u všech sledovaných mikroorganismů.

Co se týče vlivu systému ustájení, doby skladování a obsahu vápníku v krmné směsi na kvalitu vajec, byla zde pozorována průkazná interakce, a to u Haughových jednotek a indexu bílku. Systém ustájení ovlivnil pouze hmotnost vejce, index tvaru vejce a barvu žloutku. Vliv systému ustájení na hmotnost vejce zaznamenali také Moorthy et al. (2000) a Leyendecker et al. (2001). V průběhu skladování se průkazně změnila hmotnost vejce, která se snižovala a také všechny ukazatele kvality bílku a žloutku, na jejichž základě docházelo ke zhoršení kvality vajec. Toto zhoršení kvality bílku během různé doby skladování detekovali ve svých studiích i Scott a Silversides (2000) a Samli et al. (2005). Pokles kvality žloutku v průběhu skladování pak popisuje také Sekeroglu et al. (2008). Vliv různé hladiny vápníku v krmné směsi byl patrný u indexu tvaru vejce, indexu bílku a pH bílku.

4.3 Pokus 3

Při porovnání dvou systémů ustájení nosnic, obohacené klece a výběhu, byl v pokusu 3 zjištěn průkazný vliv systému ustájení na všechny ukazatele kvality skořápky, mimo jejího povrchu. Z výsledků vyplývá, že její vyšší kvalita byla zaznamenána u vajec z obohacené klece. Podobně také silnější skořápku u vajec z obohacené klece zaznamenali Lewko a Gornowicz (2011), z konvenční klece pak Lichovniková a Zeman (2008). Naproti tomu Layendecker (2001) a Hidalgo et al. (2008) našli vyšší hodnoty tloušťky skořápky u vajec z výběhu, Pavlovski et al. (2001), Englmaierová a Tůmová (2009) a Ledvinka et al. (2012) na podestýlce. Rozdílné výsledky v kvalitě skořápky v závislosti na systému ustájení uváděnými

v literatuře pravděpodobně souvisí s podmínkami pokusů a použitými hybridy. Systém ustájení průkazně ovlivnil také její pórovitost, kde větší množství pórů na tupém konci vejce a v ekvatoriální rovině, bylo sledováno u vajec z výběhu. Podobně také Englmaierová a Tůmová (2009) zaznamenaly vyšší pórovitost na tupém konci a v ekvatoriální rovině u vajec z alternativního typu ustájení, podestýlky. Tůmová et al. (2011) zjistili vyšší hustotu pórů v ekvatoriální rovině u vajec z podestýlky ve srovnání s klecí.

V rámci hodnocení mikrobiální kontaminace povrchu skořápky u čerstvých vajec, bylo detekováno vyšší mikrobiální znečištění u vajec z výběhu, a to všemi sledovanými druhy mikroorganismů. To koresponduje s výsledky De Reua et al. (2005a); Singha et al. (2009) a Huneau-Salaüna et al. (2010), kteří také detekovali vyšší kontaminaci povrchu skořápky u vajec z alternativních typů ustájení. Při porovnání mikrobiální kontaminace skořápky v průběhu skladování byla nalezena interakce systému ustájení a doby skladování u *Escherichia coli*, *Enterococcus* i u celkového počtu mikroorganismů. Nejvyšší kontaminace povrchu skořápky byla zjištěna u všech sledovaných mikroorganismů u čerstvě snesených vajec, až na enterokoky, kde byla nejvyšší 2. den skladování. V jeho průběhu se míra kontaminace na povrchu vajec postupně snižovala, s výjimkou vajec z výběhu, kde byly enterokoky a celkový počet mikroorganismů nejnižší již po 7 dnech skladování. Co se týče intenzity poklesu kontaminace skladovaných vajec, ten byl nejvýraznější v obohacené kleci v porovnání s výběhem.

U penetrace mikroorganismů do vaječného obsahu byl zjištěn nižší průnik na podskořápečné blány u enterokoků 2. a 14. den skladování. *Escherichia coli* a celkový počet mikroorganismů tam penetrovali během celého sledovaného období bez ohledu na dobu skladování. Do vaječného bílku vajec z obohacených klecí proniklo menší množství *Escherichia coli* a celkového počtu mikroorganismů ve srovnání s vejci snesenými ve výběhu. Průnik *Enterococcus* do vajec z klecí nebyl detekován. De Reu et al. (2006b) studovali vliv doby skladování na penetraci vybraných druhů bakterií (*Staphylococcus warneri*, *Acinetobacter baumannii*, *Alcaligenes* sp., *Serratia marcescens*, *Carnobacterium* sp., *Pseudomonas* sp. a *Salmonella* Enteritidis) a zjistili, že nejčastěji byla penetrace skořápkou 4. - 5. den skladování.

Při hodnocení technologické hodnoty vajec byla u Haughových jednotek, indexu bílku, pH bílku a indexu žloutku zjištěna průkazná interakce. Systém ustájení signifikantně ovlivnil hmotnost vejce, všechny ukazatele kvality bílku, index a barvu žloutku. V rámci výsledků těchto ukazatelů byla kvalitnější vejce snesena nosnicemi ustájenými v klecích. Také Lewko a Gornowicz (2011) detekovali vyšší hmotnost vajec v klecovém systému

ustájení, naopak Tůmová e Ebeid (2005) na podestýlce. Studie Wanga et al. (2009) a Englmaierové a Tůmové (2009) nezaznamenali při sledování vlivu systému ustájení na kvalitu vaječného bílku průkazné rozdíly. Během skladování se průkazně všechny hodnoty vyjadřující technologickou hodnotu vajec zhoršovaly. S tím se ztotožňuje i řada studií (Ragni et al., 2007; Jin et al., 2011; Jones et al., 2014).

Při stanovení obsahu bílkovin ve vaječném bílku byl u lysozymu zjištěn průkazný vliv systému ustájení s nejvyšší koncentrací u vajec z výběhu. Z dostupné literatury je patrné, že zmínky o vlivu ustájení na obsah bílkovin chybí, na druhou stranu však existuje několik studií, zabývajících se jejich aktivitou. Jako např. práce Swierczeeska et al. (2003), kde u slepic ustájených v extenzivních systémech ustájení, našli vejce s vyšší aktivitou vaječného lysozymu, cystatinu, ovoinhistoru a ovomukoidu, ve srovnání s vejci z intenzivních chovů.

5 ZÁVĚR

Kvalita vajec je ovlivněna mnoha vnitřními a vnějšími faktory. K těm velmi významným vnějším faktorům patří způsob a podmínky chovu nosnic a jejich výživa. Důležitý vliv představují i podmínky skladování vajec, při kterých dochází k výrazným změnám v jejich kvalitě. Cílem práce bylo posoudit vliv barvy světla, různých systémů ustájení a odlišného obsahu vápníku na základní produkční ukazatele nosnic, kvalitu skořápky, technologickou hodnotu vajec a na úroveň mikrobiální kontaminace vaječné skořápky a vaječného obsahu na skladovatelnost vajec.

V souvislosti s použitím různé barvy světla nebyl zjištěn jejich průkazný vliv na produkci vajec ani na jejich hmotnost. Vyšší mortalita byla pozorována při modrém světle, naopak nejméně slepic uhynulo při světle červeném. Vyšší úhyn při modrém osvětlení mohl pravděpodobně souviset s jejich vyšší aktivitou a následně s vyšší mírou ozobávání nebo kanibalismu což mohlo vést k vyšším ztrátám. Barva světla neovlivnila mikrobiální kontaminaci vzduchu v halách. Mikrobiální kontaminace vaječné skořápky byla ovlivněna interakcemi mezi barvou světla a etáží u *Escherichia coli* a *Enterococcus*, kde nejvyšší množství *Escherichia coli* bylo ve střední etáži při žluté barvě světla a nejnižší v horní etáži pod stejnou barvou. Vyšší množství bakterií rodu *Enterococcus* bylo u vajec ve střední etáži při žlutém světle, v porovnání s nejnižší kontaminací v horní etáži při světle modrém. Během tohoto sledování byl zjištěn vliv etáže na míru mikrobiálního znečištění vaječné skořápky, s nejvyšší kontaminací ve střední etáži, a to u všech sledovaných mikroorganismů. To pravděpodobně souviselo s vyšším množstvím poletujícího prachu a s ním i množstvím

bakterií v prachu obsažených, které ulpívaly na povrchu vejce. Vyšší prašnost byla zřejmě zapříčiněna aktivitou slepic v okolních etážích.

Systém ustájení měl významný vliv na většinu ze sledovaných ukazatelů. Vyšší počet vajec snesly nosnice ustájené v konvenční kleci v porovnání s podestýlkou a voliérou. Naproti tomu slepice ve voliére měly vyšší spotřebu krmiva. Z technologické hodnoty vajec byla zaznamenána významně vyšší hmotnost vajec na podestýlce v porovnání s klecemi. To pravděpodobně souviselo s nižší intenzitou snášky v tomto alternativním systému ustájení. Také kvalita vaječné skořápky byla systémem ustájení ovlivněna. Lepší hodnoty pevnosti, tloušťky a podílu skořápky byly u vajec z klecových systémů. V tomto ustájení byla zaznamenána i nižší pórovitost skořápky v porovnání s výběhem. Z pohledu ukazatelů kvality bílku a žloutku, byla vejce o vyšší kvalitě sesbírána z obohacené klece.

Během hodnocení mikrobiálního znečištění vaječné skořápky byla detekována vyšší kontaminace vajec *Escherichia coli* a celkovým počtem mikroorganismů z podestýlky i výběhu ve srovnání s klecí, kde byly hodnoty v řádech až o 3 log nižší. Průnik mikroorganismů zejména *Escherichia coli* a *Enterococcus* do vaječného obsahu byl v porovnání s klecemi jak na podestýlce, tak i ve výběhu vyšší. To naznačuje, že s vyšším množstvím mikroorganismů na povrchu vejce roste i pravděpodobnost jejich penetrace do vaječného obsahu.

U vajec z výběhu byl z analýzy vaječných bílkovin zaznamenán průkazně vyšší obsah lysozymu. Je možné, že vyšší zastoupení této ochranné bílkoviny naznačuje určitý vztah k vyššímu mikrobiálnímu zatížení těchto vajec v alternativních systémech.

Při hodnocení vlivu dvou odlišných úrovní obsahů vápníku v krmné směsi byly zaznamenány průkazné interakce mezi systémem ustájení a obsahem vápníku u hmotnosti vejce, pevnosti, podílu a hmotnosti skořápky. Z ukazatelů kvality bílku u Haughových jednotek a indexu bílku. Průnik mikroorganismů na podskořápečnou blánu byl 2. a 7. den skladování ve skupině se 3,5 % vápníku v krmivu vyšší u všech sledovaných druhů bakterií, a to u vajec z podestýlky. Z toho je možné usuzovat na vztah mezi velikostí penetrace a pevností skořápky, neboť obsah vápníku zřejmě způsobil změny ve struktuře skořápky, čímž mohl být průnik do jisté míry ovlivněn.

Doba skladování vajec měla významný vliv zejména na technologické ukazatele jejich kvality. Především hmotnost vajec a ukazatele kvality bílku jako jsou Haughovy jednotky, index, podíl a pH bílku se v průběhu skladování výrazně měnily a zhoršovaly tak kvalitu vejce. Během skladování se snižovala i mikrobiální kontaminace povrchu vejce. Její nejintenzivnější pokles byl patrný především u vajec z obohacené klece, a to zřejmě díky

menšímu množství nečistot a reziduí, které mohou po určitou dobu sloužit jako potencionální zdroj živin pro mikroorganismy. Na skladovatelnost vajec má vliv také systém ustájení což naznačují interakce u Haughových jednotek, indexu a pH bílku, indexu žloutku a u mikrobiální kontaminace povrchu vejce u všech sledovaných druhů mikroorganismů.

Z výsledků práce je zřejmé, že z hlediska kvality vajec se zdá být nejvýhodnější ustájením klecový systém chovu, neboť nosnice zde ustájené mají vyšší snášku, nižší spotřebu krmiva a je zde patrný pozitivní vliv na kvalitu skořápky a nižší mikrobiální kontaminaci povrchu vejce a vaječného obsahu. V průběhu skladování vejce z tohoto typu ustájení neztrácí tak rychle kvalitu jako z alternativních systémů. V otázce kvality skořápky zde hraje důležitou roli i minerální výživa, kde vhodným obsahem vápníku v krmné směsi lze zajistit její lepší kvalitu a tím pravděpodobně ovlivnit i její schopnost chránit vaječný obsah proti mikroorganismům.

6 SUMMARY

In the study 3 experiments were carried out. The objective of the first experiment was to evaluate performance of laying hens, quality of air in poultry house, and microbial contamination of the eggshell in laying hens kept under blue, green, red, and yellow light colour in enriched cages. The laying performance characteristics (hen-day egg production, mortality, and egg weight) were not affected by light colour. Similarly, microbial contamination of the air was not significantly different related to the light colour. There were significant interactions in eggshell contamination between cage floor and light colour in *Escherichia coli* and *Enterococcus*. The highest number of *Escherichia coli* was detected in eggs from hens housed in the middle floor given yellow light and the lowest values on the upper floor also under yellow light colour. Similar results were observed in *Enterococcus*. The results of our study indicate that the light colour has a minor effect on microbial contamination but the significant influence was in the floor position. The highest microbial egg contamination was found on eggs from the middle floor.

In the second experiment, the effect of housing system (conventional cage, litter, aviary) and feed calcium content (3,0 and 3,5%) on laying performance characteristics, technological quality of eggs, microbial contamination of the eggshell and egg content during storage was evaluated. The significant interaction between housing system and feed calcium content was found in egg weight, eggshell strength, eggshell percentage, eggshell weight, Haugh units and albumen index. The housing system affected egg production, feed intake,

egg weight and some characteristics of eggshell quality. From characteristics of eggshell quality the feed calcium content affected only eggshell strength and eggshell percentage. The significant interaction between housing system and storage time was found in contamination of eggshell by total number of microorganisms. The housing system affected also contamination of the eggshell where higher number of *Escherichia coli* and total number of microorganisms were in eggs from litter. Higher penetration of all monitored species of microorganisms on the eggshell membranes was 2nd and 7th day of storage in the group with 3.5% of calcium in the feed mixture in eggs from the litter. This could be associated with lower quality of eggshell in this type of housing.

In the experiment 3, the effect of different housing system (enriched cage, free range) on technological quality of eggs, microbial contamination of the eggshell, egg content and concentration of protein in albumen during storage was observed. The housing system affected all characteristics of eggshell quality with higher values in cage system. Higher number of pores in eggshell was found in free range. The important relationship between housing system and storage time was indicated in Haugh unit, albumen index, pH albumen and yolk index. The values for characteristics quality of albumen and yolk were better in eggs from cages. Their quality during storage decreased faster in alternative housing systems. There was detected interaction between housing system and storage time also in *Escherichia coli*, *Enterococcus* and total number of microorganisms. The highest microbial contamination in fresh eggs was found in free range. The number of microorganisms with storage time significantly decreased faster in eggs from cage system. The penetration of *Escherichia coli* and total number of microorganisms in albumen was lower in eggs from cage compared to free range. The significant effect of housing system was found in concentration of lysozyme in albumen with higher values in egg from free range. It is obvious that a better quality of the eggs is in the cage housing system. The eggs from this type of housing also remain during storage for longer time in better quality compared with alternative housing systems.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abrahamsson, P., Tauson, R. 1995. Aviary systems and conventional cages for laying hens - Effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. Acta Agriculturae Scandinavica Animal Science. 45. 191 - 203.
- Ahamed, M., Chae, B. J., Lohakare, J., Keohavong, B., Lee, M. H., Kim, D. M., Lee, J. Y., Ohh, S. J. 2014. Comparison of aviary, barn and conventional cage raising of chickens

- on laying performance and egg quality. *Asian Australian Journal of Animal Science*. 27. 8. 1196 - 1203.
- Cufadar, Y., Olgun, O., Yildiz, A. Ö. 2011. The effect of dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral contents in moulted laying hens. *British Poultry Science*. 52. 6. 761 - 768.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Heyndrickx, M., Zoons, J., De Baere, D., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. 2005a. Bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and aviary housing systems. *British Poultry Science*. 46. 149 - 155.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M., Herman, L. 2005b. The use of total aerobic and Gram-negative flora for quality assurance in the production chain of consumption eggs. *Food Control*. 16. 147 - 155.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. 2006a. Bacterial eggshell contamination in the egg collection chains of different housing systems for laying hens. *British Poultry Science*. 47. 163 - 172.
- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Messens, W., Heyndrickx, M., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. 2006b. Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella* Enteritidis. *International Journal of Food Microbiology*. 112. 253 - 260.
- Englmaierová, M., Tůmová, E. 2009. The effect of housing system and storage time on egg quality characteristics [online]. Czech University of Life Sciences in Prague. [cit. 4. listopadu 2015]. Dostupné z: http://www.cabi.org/animalscience/Uploads/File/AnimaAnimalSc/additionalFiles/WPSATurku2009/51_eggmeat2009_englmaierova_EP6.pdf.
- Englmaierová M., Tůmová, E., Charvátová, V., Skřivan, M. 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination, *Czech Journal of Animal Science*. 59. 345 - 352.
- Gerzilov, V., Datkova, V., Mihaylova, S., Bozakova, N. 2012. Effect of poultry housing systems on egg production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 18. 6. 953 - 957.
- Harry, E. G. (1963): The relationship between egg spoilage and the environment of the egg when laid. *British Poultry Science*. 4. 91 - 100.
- Hidalgo, A., Rossi, M., Clerici, F., Ratti, S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*. 106. 1031 - 1038.

- Hulzebosch, J. 2006. Wide range of housing options for layers. *World Poultry*. 22. 20 - 22.
- Huneau-Salaün, A., Michel, V., Huonnic, L., Balaine, L., Le Bouquin, S. 2010. Factors influencing bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and free-range systems for laying hens under commercial conditions. *British Poultry Science*. 51. 163 - 169.
- Jin, Y. H., Lee, K. T., Lee, W. I., Han, Y. K. 2011. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 24. 2. 279 - 284.
- Jones, D. R., Karcher, D. M., Abdo, Z. 2014. Effect of a commercial housing system on egg quality during extended storage. *Poultry Science*. 93. 1282 - 1288.
- Ledvinka, Z., Tůmová, E., Englmaierová, M., Podsedníček, M. 2012. Egg quality of three laying hen genotypes kept in conventional cages and on litter. *Archiv für Geflügelkunde*. 76. 38 - 43.
- Lewko, L., Gornowicz, E. 2011. Effect of housing system on egg quality in laying hens. *Annals of Animal Science*. 11. 4. 607 - 616.
- Leyendecker, M., Hamann H., Hartung J., Kamphues J., Ring C., Glünder G., Ahlers C., Sander I., Neumann U., Distl O. (2001): Analysis of genotype- environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone strength. 2nd communication: Egg quality traits. *Züchtungskunde*. 73. 308 - 323.
- Lichovníková M., Zeman, L. 2008. Effect of housing system on the calcium requirements of laying hens and eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. 53. 162 - 168.
- Messens, W., Grijspeerdt, K., Herman, L. 2005b. Eggshell characteristics and penetration by *Salmonella enterica* serovar Enteritidis through the production period of a layer flock. *British Poultry Science*. 46. 694 - 700.
- Mohammed, H. H., Grashorn, M. A., Bessei, W. 2010. The effects of lighting conditions on the behaviour of laying hens. *Archiv für Geflügelkunde*. 74. 3. 197 - 202.
- Moorthy, M., Sundaresan, K., Viswanathan, K. 2000. Effect of feed and system of management on egg quality parameters of commercial White Leghorn Layers. *Indian Veterinary Journal*. 77. 233 - 236.
- Pyrzak, R., Siopes, T. D. 1986. The effect of color light on egg quality of turkey hens in cage. *Poultry Science*. 65. 1262 - 1267.
- Pyrzak, R., Snapir, N., Goodman, G., Perek, M. 1987. The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology*. 28. 947 - 960.

- Ragni, L., Al-Shami, A., Mikhaylenko, G., Tang, J. 2007. Dielectric characterization of hen eggs during storage. *Journal of Food Engineering*. 82. 450 - 459.
- Safaa, H. M., Serrano, M. P., Valencia, D. G., Frikha, M., Jiménez-Moreno, E., Mateos, G. G. 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. *Poultry Science*. 87. 2043 - 2051.
- Samli, H. E., Agha, A., Senkoylu, N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 14. 548 - 553.
- Sas Institute Inc. 2003. *The SAS System for Windows*. Release 9.1.
- Savory, C. J., Mann, J. S. 1999. Feather pecking in groups of growing bantams in relation to floor litter substrate and plumage colour. *British Poultry Science*. 40. 565 - 572.
- Scott, T. A., Silversides, F. G. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Science*. 79. 1725 - 1729.
- Sekeroglu, A., Sarica, M., Demir, E., Uluta, Z., Tilki, M., Saatci, M. 2008. The effects of housing system and storage length on the quality of eggs produced by two lines of laying hens. *Archiv für Geflügelkunde*. 72. 3. 106 - 109.
- Singh, R., Cheng, K. M., Silversides, F. G. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*. 88. 256 - 264.
- Swierczewska, E., Kopec, W., Noworyta-Glowacka, J., Ridel, J. 2003. Activity of biologically-active components of egg white depending on breeding system of hens. *Medycyna Weterynaryjna*. 59. 157 - 160.
- Tauson, R., Wahlström, A., Abrahamsson, P. 1999. Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. *The Journal of Applied Poultry Research*. 8. 152 - 159.
- Tůmová, E., Ebeid, T. 2005. Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cages and in a litter housing system. *Czech Journal of Animal Science*. 50. 129 - 134.
- Tůmová, E., Englmaierová, M., Ledvinka, Z., Charvátová, V. 2011. Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters. *Czech Journal of Animal Science*. 56. 11. 490 - 498.
- Vits, A., Weitzenburger, D., Hamann, H., Distl, O. 2005. Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*. 84. 1511 - 1519.

- Voslářová, E., Hanzalek, V., Večerek, V., Straková, E., Suchý, P. 2006. Comparison between latiny hen performance in the cage system and deep liter system on a diet free from animal protein. *Acta Veterinaria Brno*. 75. 219 - 225.
- Vučemilo, M., Vinković, B., Matković, K., Štoković, I., Jakšić, S., Radović, S., Granić, K., Stubičan, D. 2010. The influence of housing systems on the air quality and bacterial eggshell contamination of table eggs. *Czech Journal of Animal Science*. 55. 6. 243 - 249.
- Wang, X. L., Zheng, J. X., Ning, Z. H., Qu, L. J., Xu, G. Y., Yang, N. 2009. Laying performance and egg quality of blueshelled layers as affected by different housing systems. *Poultry Science*. 88. 1485 - 1492.

8 SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA K ŘEŠENÉ PROBLEMATICE

Vědecké publikace s IF

- Svobodová, J., Tůmová, E., Popelářová, E., Chodová, D. 2015. The effect of light colour on egg production and egg contamination. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. 60. 12. 550 - 556. ISSN: 1212-1819
- Englmaierová, M., Skřivan, M., Skřivanová, E., Bubancová, I., Čermák, L., Vlčková, J. 2015. The effects of a low-phosphorus diet and exogenous phytase on performance, egg quality and bacterial colonisation and digestibility of minerals in the digestive tract of laying hens, *Czech Journal of Animal Science*. 60. 12. 542 - 549.

Recenzované vědecké publikace

- Svobodová, J., Tůmová, E. 2013. Vliv systému ustájení a věku na mikrobiální kontaminaci vajec nosného typu slepic. *Veterinářství*. 63. 4. s. 289-291. ISSN: 0506-8231.
- Svobodová, J., Tůmová, E., Englmaierová, M. 2014. The effect of housing system on egg quality of Lohmann white and Czech hen. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 2. 17. 44 - 46.
- Svobodová J., Tůmová E. 2014. Factors affecting microbial contamination of market eggs: A Rewiev. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 45. 4. 226 - 237. ISSN: 1211-3174.

Odborné publikace

- Svobodová, J., Tůmová, E. 2012. Mikrobiální kontaminace vajec a faktory, které ji ovlivňují. 2012, *Drůbežář Hydínár*. 6. 4. 14 - 16.

Knižní publikace

Tůmová, E., Chodová, D., Kaplan, J., Martinec, M., Mátlová, V., Pavel, I., Svobodová, J., Uhlířová, L., Volek, Z. Genetické zdroje králíků, drůbeže a nutrií, jejich užitkové vlastnosti a možnosti využití. 2014. Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i.. Praha Uhřetěves. ISBN 978-80-7403-126-7.

Konference

Svobodová, J., Tůmová, E., Klesalová, L. Mikrobiální kontaminace vajec v klecích a na podestýlce. 2012, Sborník z mezinárodní konference "Drůbežářské dny 2012", ČZU Praha. 17. - 18. 5. 2012. s. 41 - 45. ISBN: 978-80-213-2285-1.

Svobodová, J., Tůmová, E. Rozdíly v ukazatelích metabolismu vápníku a kvality vaječné skořápky české slepice a hybrida Lohmann bílý. 2012. Sborník referátů konference „Animal Physiology 2012“, Lednice 24. a 25. 5. 2012. s. 192-195. ISBN: 978-80-7375-616-1.

Svobodová, J., Tůmová, E., Charvátová, V. The effect of housing system on microbial contamination of eggs in Czech hen and Lohmann LSL. 2013. XV European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Bergamo 15 - 19 September 2013. Worlds Poultry Science Journal. Volume 69. Supplement. Flash 6p..

Svobodová, J., Tůmová, E. Vliv systému ustájení a genotypu na mikrobiální kontaminaci vajec nosných slepic. 2013. Sborník XXXIX. konference o jakosti potravin a potravinových surovin - Ingrový dny 2013. Mendelova univerzita v Brně. 27. 2. 2013. s. E1 - E5. ISBN: 978-80-7375-705-2.

Svobodová, J., Tůmová, E., Englmaierová, M. Vliv systému ustájení a obsahu vápníku na kvalitu vaječných skořápek slepic nosného typu. 2013. X. Kábrtovy dietetické dny. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 25. 4. 2013. s. 160 – 163. ISBN: 978-80-263-0365-7.

Svobodová, J., Tůmová, E. Changes in microbial contamination and penetration during storage in eggs from enriched cages and free range. Proceeding XIVth European Poultry Conference. Stavanger 23. - 27. June 2014. Norway. CD 4 p.

Svobodová, J., Tůmová, E. The effect of age on serum and eggshell minerals in laying hens and broiler breeders. Animal Physiology 2014. Prušánky. 2014. 21. - 22. May. p. 248 - 252. ISBN: 978-80-7375-971-1.

- Svobodová, J., Chodová, D. Zavedení pastevního chovu vodní a hrabavé drůbeže. Meziuniverzitní konference DSP studentů, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 2014. s. 39-43. ISBN: 978-80-7305-740-4.
- Svobodová, J., Tůmová, E., Englmaierová, M. Vliv systému ustájení a obsahu vápníku na kvalitu vajec slepic nosného typu. XI. Kábrtovy dietetické dny. Brno. 14. dubna 2015. s. 29 - 33.
- Svobodová, J., Tůmová, E., Englmaierová, M. 2015. The effect of housing system and calcium on eggshell quality. 20th European symposium on poultry nutrition. Prague. 24. - 27. August 2015.
- Vlčková, J., Tůmová, E., Okrouhlá, M. 2015. Změny v kvalitě vajec v průběhu skladování. 41. česká drůbežářská konference s mezinárodní účastí. Drůbež 2015. Brno 15. - 16. října 2015. s. 7 - 9.