

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



DOBA SNESENÍ VEJCE A JEHO KVALITA

doktorská disertační práce

Autor: **Ing. Vladimíra Charvátová**

Školitel: **prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.**

Praha 2013

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma: **Doba snesení vejce a jeho kvalita** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

podpis doktoranda

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych velice ráda poděkovala mé školitelce prof. Ing. Evě Tůmové, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a vstřícnost během celého doktorského studia a při sepisování disertační práce. Mé poděkování patří také členům Katedry speciální zootechniky za pomoc, ochotu a přátelský přístup. Rovněž bych chtěla poděkovat své rodině za podporu a trpělivost během studia.

Disertační práce byla zpracována v rámci řešení výzkumného záměru MSM 604 607 0901 na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze, za přispění externích a interních grantů na Katedře speciální zootechniky.

Obsah

1. ÚVOD	6
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	8
2.1. Ovipozice a její fyziologické aspekty.....	8
2.1.1. Faktory ovlivňující dobu snesení vejce	13
2.2. Kvalita vajec.....	17
2.2.1. Faktory ovlivňující kvalitu vajec	18
2.3. Vliv doby snesení na ukazatele kvality vajec.....	23
3. HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE	28
4. MATERIÁL A METODIKA	29
4.1. Pokus 1.....	29
4.2. Pokus 2.....	31
4.3. Pokus 3.....	31
4.4. Statistické zhodnocení.....	32
5. VÝSLEDKY A DISKUSE	33
5.1. Pokus 1.....	33
5.2. Pokus 2.....	41
5.3. Pokus 3.....	54
5.4. Souhrn výsledků.....	67
6. ZÁVĚR	71
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	73

1. ÚVOD

Vejsce, jako jedna ze základních potravin, jsou ceněna zejména pro jejich biologickou a nutriční hodnotu. Biologická hodnota bílkovin různých zdrojů není stejná, u bílkovin živočišného původu je obecně vyšší než hodnota bílkovin původu rostlinného. Biologická hodnota bílkovin je indikátorem jejich kvality a ukazuje, kolik inherentní bílkoviny může být vytvořeno z bílkovin přijatých v potravě. Bílkovina je plnohodnotná, má-li z hlediska fyziologických potřeb člověka vyvážený obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin. Vaječné bílkoviny se řadí mezi plnohodnotné bílkoviny, obsahující všechny aminokyseliny v ideálním poměru a množství. Při porovnání výživové hodnoty jiných potravin se používá vaječná bílkovina jako referenční. Vejce jsou rovněž cenným zdrojem mastných kyselin, vitamínů a minerálních látek. Předností vajec je také jejich nízká energetická hodnota.

Produkce vajec se v České republice v roce 2011 zvýšila o 2,0 % oproti roku 2010. Stavy nosnic v roce 2012 klesly v porovnání s rokem 2011, díky změně a úpravě technologií podle Směrnice Rady 74/1999, stanovující minimální standardy pro ochranu nosnic. Podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství (2012) se předpokládá v roce 2012 vlivem poklesu stavů slepic snižování produkce vajec o cca 12 %. Podobně je předpokládán pokles spotřeby vajec (230 vajec/obyvatele/rok).

V průběhu let vejce získala špatnou pověst v souvislosti se zvyšováním LDL (low-density lipoprotein) cholesterolu v krvi. Mnoho studií však tento „mýtus“ vyvrátilo a prokázalo, že konzumace několika vajec týdně u zdravého člověka má tendenci krevní LDL cholesterol snižovat, především díky vysokému obsahu polynenasycených mastných kyselin. Naopak vyšší riziko kardiovaskulárních chorob lékaři připisují nasyceným mastným kyselinám, které jsou obsaženy například v sádle, másle, v tučných a smažených jídlech.

Pro odběratele a běžného konzumenta je nejdůležitější kvalita vajec. V dnešní moderní době existuje mnoho kritérií, podle kterých se kvalita posuzuje. Nejvíce používanou metodou je technologická hodnota, při které se hodnotí zejména hmotnost vajec, kvalita bílku, žloutku a skořápky. Všechny ukazatele kvality jsou ovlivňovány mnoha faktory. Vlivy prostředí, výživa, způsob chovu a stres jsou známy jako vnější

faktory. Genotyp, věk, živá hmotnost slepic, intenzita a perzistence snášky patří mezi faktory vnitřní povahy. Doba snesení vejce (ovipozice) je dlouhodobě zkoumána jako další faktor ovlivňující kvalitu vajec. Nejvíce ovlivňuje jejich hmotnost a kvalitu skořápky. Podle mnoha studií jsou vejce snesená ráno těžší než vejce snesená později během dne a naopak kvalita skořápky bývá lepší u vajec snesených odpoledne. Stejně jako ostatní faktory, je také doba snesení vejce závislá na mnoha vlivech. Mezi nejdůležitější z nich se řadí světelný režim (délka světelného dne), dále genotyp a věk slepic, doba ovulace a také stres. Je tedy patrné, že ovlivněním všech faktorů, včetně doby snesení vajec, je možno dosáhnout jejich optimální kvality a tím také zlepšit ekonomiku produkce vajec.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Ovipozice a její fyziologické aspekty

U kura domácího, resp. u slepic, je v dostatečné míře popsán cyklus ovulace a doby snesení vejce. Slepice snášejí vejce v sériích, každý den snesou vejce o trochu později. Pokud toto opoždění přesáhne 8 – 10 hodin, slepice snese poslední vejce v sérii, další ovulace nenastane a začne přestávka ve snášce. Bez snášky může být jen jeden nebo více dnů (Johnstonová a Gous, 2003). Slepice nosného typu jsou charakterizovány vysokým počtem vajec snesených v dlouhých sériích v porovnání se slepicemi masného typu.

Doba snesení vejce, neboli ovipozice, je rozložení snášky v průběhu celého dne. Jsou patrné rozdíly v době snesení během dne mezi různými druhy drůbeže, užitkovými typy a také mezi jednotlivými hybridy. Důkladné pochopení doby snesení během dne, které je spojené s častým sběrem vajec, se může využít pro vyšší počet prodejných vajec. Sběr vajec je běžná, ale důležitá činnost, která musí být vykonána správně a včas tak, aby zajistila vysokou kvalitu, udržení znaků čerstvosti a odpovídající zisk. Mnoho metod sběru vajec zdůrazňuje jejich výhody a rychlost více než snižování počtu vajec s poškozenou skořápkou a zvyšování počtu prodejných vajec. Než se vejce dostanou do třídičky, vznikají křapy (1,02 – 1,9 %). Snižít procento poškozených skořápek lze častějším sběrem vajec, aby se snížil počet vajec na pásech ve stejnou dobu. Protože zvyšování počtu prodejných vajec je důležité pro rentabilitu chovu slepic, doba snesení vejce se stala rozhodujícím faktorem při jejich sběru. Pokud se doba snesení zkoordinuje se sběrem vajec (minimálně 2× denně) a pokud nedojde k nahromadění více než poloviny denní produkce vajec na pásech ve stejnou dobu, může být snížen počet poškozených skořápek (Patterson, 1997).

S problematikou rozložení snášky v průběhu dne a tedy i jejím praktickým využitím při frekvenci sběru úzce souvisí fyziologické řízení tohoto procesu. Proces tvorby vejce zahrnuje ovulaci vajíčka na vaječníku a sekreci dalších částí ve vejcovodu. Vejcovod ptáků je tubulární orgán, který je uzpůsoben k formování vejce, jeho transportu a sekreci částí obklopujících žloutek. Je složen z pěti částí, z nichž děloha, pochva

a jejich kontrakce mají význam pro snesení vejce. Počáteční kontrakce dělohy jsou způsobeny arginin vazotocinem, hormonem syntetizovaným v hypothalamické magnocelulární složce (velké neurony), především v paraventriculárních a supraoptických jádrech (Sasaki *et al.*, 1998). Neurohypofyzární hormon arginin vazotocin u ptáků, podobně jako jeho homolog arginin vasopresin u savců, má podrobně zdokumentované autonomní a behaviorální funkce. Z důvodu jeho důležité role v osmoregulaci, byl arginin vazotocin definován jako antidiuretický hormon u všech suchozemských nesavčích druhů. U ptáků se arginin vazotocin projevuje vazomotorickým (cévohybným) a termoregulačním efektem, stimuluje uvolnění adrenokortikotropního hormonu z hypofýzy a redukuje plasmový aldosteron. Arginin vazotocin je odborně považován za endokrinní regulátor osmotické homeostázy. Mnohé výsledky jasně ukazují, že arginin vazotocin hraje významnou roli v různých aspektech reprodukce domestikovaných kuřat. Vlna arginin vazotocinu uvolněná z hypothalamu vyvolává, pravděpodobně spolu s dalšími regulačními faktory, snesení vejce (Jurkevich a Grossmann, 2003).

Arginin vazotocin je s prekurzory z hypothalamu veden axony do neurohypofýzy, ze které je uvolňován do cirkulující krve. Neurohypofýza není jediný zdroj, který uvolňuje arginin vazotocin během snesení vejce. Tento hormon byl také nalezen v děloze a vaječníku slepic (Rzasa a Ewy, 1970). Další kontrakce během snesení mohou být vyvolány zvyšujícím se uvolňováním argininu vazotocinu společně se zvyšující se produkcí prostaglandinu ve tkáni dělohy. Z dělohy je vejce transportováno do pochvy, což způsobí její peristaltické kontrakce a po přibližně 5 minutách je vejce sneseno (Sykes, 1953). Arginin vazotocin vyvolává kontrakce nejen dělohy vejcovodu, ale také pochvy. Působení tohoto hormonu v pochvě bylo dokázáno přítomností receptorů pro arginin vazotocin.

Arginin vazotocin má aktivitu podobnou oxytocinu, proto je zapojen do procesu snášení vajec (Sasaki *et al.*, 1998). Důkazem toho bylo předčasné snesení vejce po injekčním podání arginin vazotocinu. Ve studiích je uváděno, že uvolnění arginin vazotocinu z neurohypofýzy je stimulováno několika faktory, jako je prostaglandin F_{2α}, prostaglandin E1 a E2, dále estradiol-17β, progesteron, angiotenzin-II nebo acetylcholin (Nakayama *et al.*, 2010). S kalcifikací skořápky a dobou snesení vejce souvisí hormon

kalcitonin tvořený 32 aminokyselinami. Receptory pro tento hormon byly zjištěny v děloze vejcovodu, v ledvinách a kostech slepic (Ieda *et al.*, 2001). Kalcitonin je uvolňován převážně z ultimobranchiálních tělísek, ale byl zaznamenán také v hypofýze (Maddineni *et al.*, 2007) a v hypotalamu (Krzysik-Walker *et al.*, 2007). Nicméně nebylo prozatím dokázáno, zda kalcitonin souvisí s uvolňováním arginin vazotocinu z neurohypofýzy. Vazebná specifita, vratnost, vysoká afinita a omezená kapacita jsou charakteristiky kalcitoninového receptoru (Nakayama *et al.*, 2010). Autoři zjistili, že afinita kalcitoninového receptoru se zvýšila 30 min před snesením vejce, ale jeho vazebná kapacita 15 min před snesením poklesla. U slepic, které nesly vejce, nebyla zaznamenána žádná podobná změna. Tato změna afinity a kapacity kalcitoninového receptoru neurohypofýzy slepic může být částečně spojena s uvolněním arginin vazotocinu při snášce. Sturkie a Lin (1966) došli k závěru, že snesení vejce vyvolává uvolnění vazotocinu. Zjistili to na základě koncentrace vazotocinu v krvi krátce před snesením, která se významně nezvyšovala. Sasaki *et al.* (1998) rovněž shledali, že snesení vejce způsobilo zvýšené uvolňování arginin vazotocinu z neurohypofýzy. Koncentrace hormonu byla při snesení vejce v neurohypofýze snížena, ale v krevní plasmě byla naopak koncentrace hormonu zvýšena. Tuto zvýšenou koncentraci arginin vazotocinu pozorovali autoři v paraventriculárních a supraoptických jádrech 2 a 5 h po snesení vejce. Zmíněná jádra jsou součástí hypotalamu.

Je dokázáno, že oxytocin a vazotocin (8-arginin oxytocin) jsou schopné stimulovat hladké svalstvo ptačí dělohy. Tyto hormony byly zjištěny v neurohypofýze slepic a studie Ewy a Rzasa (1968) uvádí, že vazotocin byl nepochybně nejsilnější látkou s oxytocinovým účinkem. Také podle Rzasa a Ewy (1970) vazotocin mnohem lépe vyvolává snesení vejce než oxytocin. Autoři realizovali pokus, ve kterém zjišťovali vliv vazotocinu na dobu snesení v porovnání s oxytocinem. Slepickým plemene New Hampshire podávali nitrožilně buď syntetický oxytocin (450 jednotek/mg) nebo vazotocin (250 jednotek/mg) v době 1 – 20 h před předpokládanou dobou snesení. Na základě těchto výsledků vazotocin mnohem lépe vyvolal snesení vejce než oxytocin. Injekce obou syntetických hormonů vyvolala předčasnou snášku během několika minut. Citlivost dělohy k hormonům se zvyšovala s přibližující se dobou předpokládaného snesení vejce. Aby bylo vejce předčasně sneseno 18 – 20 h před očekávanou dobou

snesení, musela se dávka vazotocinu zvýšit 4× oproti dávce tohoto hormonu při vyvolávání snášky o 2 – 3 h dříve než byla původně očekávána. Závěrem autoři dodávají, že účinná dávka oxytocinu byla 20× vyšší než účinná dávka vazotocinu.

Koncentraci vazotocinu v krvi slepic v průběhu snášky zkoumali Niezgodová *et al.* (1973). Jako kontrolní hladina hormonu sloužila krev od slepic, které neměly vejce v děloze (0,41 ng/ml). Čtyři hodiny před snesením vejce byla koncentrace vazotocinu v krvi slepic vyšší (0,60 ng/ml) než v krvi slepic, které neměly žádné vejce v děloze. Teprve 10 minut před snesením vejce autoři zaznamenali rychlý nárůst vazotocinu v krvi (3,01 ng/ml) a během snesení byla koncentrace 46× vyšší (18,92 ng/ml) než u kontrolní skupiny. Po snesení vejce se hladina vazotocinu značně snížila (2,8 ng/ml). Studie Sturkie a Lina (1966) uvádí vyšší hodnoty hladiny vazotocinu v krvi slepic v průběhu snesení vejce. Kontrolní hladina byla u dělohy bez vejce – 53 μ U/ml, 2 – 20 min před snesením vejce byla 167 μ U/ml. Během snesení vejce byla koncentrace 133× vyšší než u dělohy bez vejce (7059 μ U/ml). Stejně jako v předchozí studii se koncentrace vazotocinu v krvi rychle snižovala krátce po snesení, již po 11 – 20 min klesla na hodnotu 529 μ U/ml.

Takahashi a Kawashima (2008) uvádějí, že koncentrace arginin vazotocinu v krevní plasmě rychle stoupala těsně po snesení vejce. Koncentrace mesotocinu v plasmě se zvyšovala již před snesením vejce (přibližně 1 min) a klesala opět 1 min po snesení. Mesotocin je další z hormonů uvolňovaných z neurohypofýzy, který zvyšuje citlivost dělohy vejcovodu k arginin vazotocinu. Při studiu, jak mesotocin působí na dobu snesení vejce, autoři zjistili, že po injekčním podání tohoto hormonu nebylo sice vejce sneseno, ale podíl snesených vajec byl vyšší v případě podání arginin vazotocinu s přídatkem mesotocinu.

Kontrakce dělohy nevyvolává jen neurohypofyzární hormon arginin vazotocin, ale také prostaglandin. Různé druhy prostaglandinů jsou přítomny v mnoha tkáních a jsou klasifikovány do 10 sérií (A až J) se třemi typy (1-3; Maclouf *et al.*, 1977). Množství prostaglandinů jedné série je možno měřit RIA testy, ale typy prostaglandinů se RIA testy dostupnými metodami neidentifikují. V děloze vejcovodu slepic je přítomen prostaglandin F. Role arginin vazotocinu při vyvolávání snesení vejce byla popsána (Takahashi *et al.*, 1994), ale role uterinního prostaglandinu je nejasná, ačkoliv vliv

na snášku byl stanoven (Olson *et al.*, 1986). Studie Takahashi *et al.* (2004) se zabývala změnami koncentrace prostaglandinu F v děloze při snesení vejce a také zda je koncentrace prostaglandinu F ovlivňována hormony vaječníku. Estrogeny a progesterony jsou hormony vaječníku, u kterých je známé působení na dělohu, jelikož jsou zde umístěny právě jejich receptory. Výsledky naznačují, že se koncentrace prostaglandinu F zvyšovala 6 h před snesením vejce a krátce po něm se opět snižovala, 11 h po snesení vejce byla opět na původní hladině. Jako kontrola byly hodnoceny slepice, které vejce nesnesly. U těchto slepic nebyla zaznamenána žádná změna v koncentraci prostaglandinu. Autoři podávali injekčně různé množství arginin vazotocinu (0,1; 0,25 a 1,0 $\mu\text{g/slepici}$) 16 h před očekávanou snáškou a sledovali, jak se bude měnit koncentrace prostaglandinu F v děloze a zda vyvolá předčasné snesení vejce (do 15 min po aplikaci). Zvýšení koncentrace prostaglandinu F bylo zaznamenáno jen při nejvyšším podaném množství arginin vazotocinu (1,0 $\mu\text{g/slepici}$), předčasná snáška byla úspěšná jen při vyšších množstvích hormonu (0,25 a 1,0 $\mu\text{g/slepici}$). Náhlé zvýšení koncentrace prostaglandinu F v děloze bylo pozorováno těsně po snesení vejce. Toto zjištění autoři přirovnávají ke svému dřívějšímu poznatku o prudkém zvýšení koncentrace arginin vazotocinu v plasmě (Takahashi *et al.*, 1994). Zmíněným poznatkem autoři potvrdili vzájemný vztah mezi prostaglandinem F a arginin vazotocinem.

Děloha vejcovodu slepic je myogenní orgán. Bez nervové či hormonální stimulace je schopna vytvářet spontánní fázové kontrakce při vhodných podmínkách až několik hodin (Kupittayanant *et al.*, 2009). Autoři zjistili *in vivo* spontánní aktivitu dělohy kolem 18 kontrakcí každých 10 minut. Hlavní systém, který reguluje kontrakce, závisí na kalcio-kalmodulinovém systému (MLCK, myosin light chain kinase). Tento systém bez vápníku nebo MLCK nevytváří žádnou aktivitu. Antagonista, jako je prostaglandin F_{2α}, může změnit samovolně kontrahující dělohu nejen stimulací kalcio-kalmodulinového systému MLCK, ale také aktivací nekalciového-kalmodulinového systému MLCK. Autoři zjistili, že kontraktilita dělohy vejcovodu slepic může být regulovaná prostřednictvím několika systémů.

Výzkumy týkající se pH dělohy při kontrakcích u slepic nejsou dostatečně popsány. Wray (2007) studoval změny intracelulárního pH v děloze u žen, které se mohou vyskytovat z několika důvodů, např. omezený krevní tok a zásoba kyslíku

do dělohy, zvýšené kontrahování a změny v acido-bazické rovnováze. Kupittayanant a Kupittayanant (2010) studovali změny pH v děloze slepic a hovoří o nich v souvislosti s produkcí vajec. Acidifikace je součástí normální tvorby vejce, zatímco alkalizace se vyskytuje během tepelného stresu a potlačuje kalcifikaci, což má za následek vejce s tenkou skořápkou. Autoři se domnívají, že oba procesy změn pH (acidifikace i alkalizace) mohou ovlivňovat děložní kontrakce. Předpokládají, že pro zdárnou kalcifikaci skořápky může být nezbytná neaktivní děloha během acidifikace, zatímco alkalizace by mohla aktivovat dělohu a způsobit tak předčasné snesení vejce (stejně jako při tepelném stresu).

Studie Hertelendyho a Bielliera (1978) týkající se prostaglandinů uvádí, že prostaglandiny, zejména typu E, jsou sloučeniny vysoce stimulující děložní stahy. Toto bylo prokázáno injekčním podáním submikrogramového množství prostaglandinu typu E přímo do dělohy, načež byla během několika minut vyvolána předčasná snáška. Naopak podání inhibitorů prostaglandinů blokuje jak předčasné, tak i spontánní snesení vejce, a brání reakci oxytocinu, který je do procesu snášky zapojený. Autoři zaznamenali významně vyšší hodnoty prostaglandinů v krevní plasmě, pokud bylo vejce v děloze, oproti hodnotám zaznamenaným krátce po snesení. Důkaz o praktické roli prostaglandinů byl zjištěn také 2 - 4 h před očekávanou snáškou při podání indomethacinu (25 mg), který dobu snesení zpožďuje. Po očekávaném snesení vejce (1 - 3 h) bylo do dělohy vpraveno 0,15 µg prostaglandinu E/kg. Doba snesení byla u těchto slepic zaznamenána 3 - 13 min po aplikaci prostaglandinu E. Také injekčně podaný gonadotropin-releasing hormon urychlil dobu snesení vejce, ale jen přibližně o 1 hodinu (Etches *et al.*, 1990). Autoři vysledovali, že granulózní buňky největších folikulů jsou nejdůležitějším intraovariálním zdrojem prostaglandinů a že produkce prostaglandinu F_{2α} je spojena s předovulační vlnou gonadotropinů a steroidních hormonů, které předcházejí snesení vejce.

2.1.1. Faktory ovlivňující dobu snesení vejce

Reprodukční stárnutí se u slepic projevuje prodloužením intervalů mezi ovulacemi a následnými snáškami, stejně jako zvyšujícím se počtem dní přestávek ve snášce. Již Emmans a Fisher (1986) zjistili, že délka cyklu slepic se prodlužuje od snesení

prvního vejce, což odpovídá poklesu poměru ovulací a snesených vajec s věkem slepice. Pokles počtu ovulací s postupujícím věkem, který je charakteristický krátkými sériemi, může být způsoben změnami v cirkadiánním cyklu, změnami v dozrávání folikulů nebo obojím (Johnstonová a Gous, 2003).

Doba snesení vejce je závislá na řadě faktorů. Mezi nejdůležitější patří délka světelného dne, dále doba ovulace, sekrece luteinizačního hormonu (LH), pohlavních steroidních hormonů a stres. Sekrece LH a pohlavních hormonů zároveň souvisí se světelným režimem, protože uvolnění LH je vázáno na cirkadiánní rytmus. Jakékoliv rozrušení prodlouží interval mezi snáškami vajec (Mills *et al.*, 1991). Zpoždění ve snášce (opozděná ovipozice) může být podle Haughese *et al.* (1986) způsobena okolními (vnějšími) stresory, které se častěji uvádějí v alternativních systémech ustájení. Dále může být doba snesení negativně ovlivněna přemístěním slepic, přemístěním či odstraněním snáškového hnízda nebo vystavením neznámým vlivům. Příčinou opožděného snesení vejce je i působení hormonu nadledvinek adrenalinu, který se při stresu uvolňuje a potlačuje děložní kontrakce.

Reynard a Savory (1999) studovali vliv stresu na dobu snesení vejce. Zjistili, že stres trvající až 6 h (přemístění z individuální klece do větší, kde jsou ustájeny další tři neznámé slepice) spolehlivě vyvolal zpoždění ve snášce. Pokud bylo vejce sneseno během stresu, byla tato snáška opožděna nejvíce o 3 h od očekávané doby snesení. Mnoho slepic vejce zadržovalo i po pominutí stresových činitelů. Autoři dokonce zaznamenali změny na skořápkách při různě dlouhých zpožděních ve snášce. Buď to byla krabátá skořápka při dlouhém zpoždění, nebo rozličné množství povrchové kalcifikace při kratším zadržení způsobeným stresem. Délka zpoždění ovlivnila také počet abnormálních skořápek i jejich stupeň a vzhledem k tomu lze tyto ukazatele užít jako indikátory okolního stresu.

Doba snesení vejce a světelný režim

Vliv na dobu snesení byl zaznamenán při různém rozsvícení během dne. Tůmová a Ebeid (2005) studovali, jak se lišil podíl snesených vajec během dne při rozsvícení ve 3 a 6 h ráno. Časnější rozsvícení (ve 3 h) vyvolalo snesení většiny vajec (82,12 %) již v 6 h a poté se snáška během dne snižovala (12,8 a 5,05 % v 10 h a 14 h). Naopak pokud

se rozsvítilo v 6 h, bylo v tuto dobu sneseno již 30 % vajec a poté se podíl snesených vajec během dne neměnil (36,14 a 33,63 % v 10 h a 14 h).

Slepice ke snášení vajec využívají jen omezenou část dne. Lillpers (1991) uvádí, že délka této fáze se liší v závislosti na genetickém založení, na věku slepice a také na okolních faktorech, ze kterých je právě světlo nejdůležitější. Podle autorů Frapše (1970; in Lillpers, 1991) a Sharpa (1980; in Lillpers, 1991) je maximální délka periody snášení omezena na 8 – 9 h, což koresponduje s fází podobné délky, během které je vyvolána ovulace.

Souvislost mezi dobou snesení a světelným režimem je známa již dlouho. Mnoho studií popisuje, že první vejce jsou snášena brzy ráno. Etches *et al.* (1984) uvádějí snesení vajec brzy ráno při chovu se světelným režimem v rozmezí 14 h světlo:10 h tma - 17 h světlo:7 h tma. Naopak Bhatti (1987) zaznamenal snášku v průběhu celého dne, pokud bylo udržováno konstantní světlo či tma. Je také známo, že při některých světelných režimech slepice snášejí vejce ve tmě. Etches (1990) uvádí, že slepice při režimu 14 h světlo:7 h tma snášely ihned po zatemnění a slepice při režimu 14 h světlo:14 h tma snesly všechna vejce ve tmě. Lewis *et al.* (2001) studovali doplňkové tlumené světlo před a po normální 8-h a 16-h periodě. Doba snesení byla podobná u 8-h a režimu s tlumeným světlem po 8-h periodě, naopak u slepic chovaných při 16-h periodě světla byla snáška opožděna o 3 h. Při standardních světelných podmínkách (14 h světlo:10 h tma) jsou vejce snesena podle Campa *et al.* (2007) mezi 7:30 – 8:00 a 15:30 – 16:00.

Doba snesení vejce a genotyp

Doba snesení může být odrazem fyziologických reakcí slepice na prostředí. Lillpers (1991) uvádí, že slepice dvou linií selektovaných na různé znaky (počet vajec, vaječná hmota) reagovaly na synchronizaci cyklu světlo-tma stejným způsobem, nehledě na jejich odlišnou kapacitu snášení. Dvě linie bílých slepic odlišného užitkového typu se nelišily v době snesení prvního vejce v sérii, ale při snesení dalších vajec byly odchylky průkazné. Doba snesení prvního vejce v sérii u hnědých slepic byla průkazně dříve než u bílých. Fraps (1970; in Lillpers, 1991) to vysvětluje rychlejší reakcí endokrinního systému hnědých slepic na faktory prostředí (posuny v cyklu světlo-tma). Další endokrinologické studie ukázaly, že uvolnění luteinizačního hormonu v závislosti

na počátku zatemnění bylo dřívější u hnědých linií a také že intervaly mezi uvolněním luteinizačního hormonu a ovulací byly u hnědých linií kratší.

Nejproduktivnější slepice obvykle snášejí vejce v přibližně stejnou dobu každý den několik týdnů. Yoo *et al.* (1988) uvádějí, že vysoce produktivní slepice, tedy s krátkými intra-sekvenčními intervaly, snášejí často vejce dříve ve světlé fázi dne než slepice s nižší produkcí. Ve své práci zároveň udávají, že genetická korelace mezi dobou snesení a podílem snesených vajec po 65. týden věku slepic byla na hodnotě 0,70.

Mnoho studií hodnotí vztah doby snesení a genotypem slepic, protože ne všechny slepice snášejí vejce ve stejnou dobu při stejné délce světelného dne. Lewis *et al.* (1995) porovnávali hnědovaječné a bělovaječné hybridy. Průměrná doba snesení vajec s hnědou skořápkou byla zaznamenána o 1,2 – 1,4 h dříve než u vajec s bílou skořápkou. Autoři uvádějí, že tento rozdíl může být způsoben odlišným uvolňováním luteinizačního hormonu. Podobné výsledky zaznamenali Campo *et al.* (2007) při porovnávání slepic s bílou, krémovou a hnědou skořápkou. Z jejich výsledků je patrné, že hnědá vejce byla snesena v ranních hodinách, zatímco bílá a krémová odpoledne.

Garces a Casey (2003) studovali vliv genu zakrslosti a holokrčnosti na dobu snesení. Zjistili, že gen zakrslosti prodlužuje interval a dobu snášky, dále se vlivem tohoto genu zkracovala délka série a poměr snášky. Naopak gen holokrčnosti neměl ve výzkumu žádný vliv na dobu snesení. Z výsledků je patrné, že zakrslá holokrčná slepice měla nejdelší interval mezi snesením vajec (28,1 h) oproti slepicím zakrslým opeřeným a slepicím normální velikosti. Nejkratší interval autoři zaznamenali u slepic normálního vzrůstu s opeřeným krkem (26 h). Genem holokrčnosti se také zabývali Horst a Rauen (1986), kteří zjistili vztah mezi tímto genem a zvyšujícím se poměrem snášky. Yoo *et al.* (1984) zaznamenali pomalejší dozrávání folikulů u slepic s nižším poměrem snášky. Pozitivní korelace mezi intervalem a dobou snesení podle Garces a Casey (2003) ukazuje, že slepice s krátkými intervaly snášejí vejce časněji během dne než slepice s delšími intervaly.

Genotyp slepic ovlivňuje také podíl snesených vajec během dne. Tůmová *et al.* (2007) porovnávali vliv třech genotypů slepic na dobu snesení vajec: Dominanta modrého, Plymutku žíhanou a jejich F1 křížence. Nejvíce vajec bylo sebráno od Plymutky žíhané 53,2 % v 6 h (v porovnání s 10 h a 14 h) a nejméně od Dominanta

modrého ve 14 h (11,1 %). V jiné práci Tůmové *et al.* (2009) byl hodnocen vliv genotypů ISA hnědá, Hisex hnědý a Moravia BSL na dobu snesení vejce. Výsledky ukázaly, že slepice genotypu ISA hnědá snášely především v ranních hodinách (6 h – 62,8 %), v porovnání s ostatními hodnocenými genotypy. Slepice Hisexe hnědého snesly většinu vajec do 10 h (42,0 %) a slepice genotypu Moravia BSL mezi 10 h – 14 h. Moravia BSL měla v porovnání s dalšími genotypy nejnižší podíl snesených vajec během dne.

Doba snesení vejce a věk slepic

Věk slepic je další faktor, který může ovlivnit dobu snesení vejce. Rozdíly v době snesení a podílu snášky v závislosti na věku slepic u hybridů leghornky bílé zaznamenal Patterson (1997). Autor porovnával DEKALB Delta a Hy-linii W-36 ve 33 a 76 týdnech věku. Oba genotypy snesly přibližně 25, 50 a 75 % denní produkce vajec do 7., 8. a 10. h ve věku 33 týdnů. Při hodnocení doby snesení vejce starších slepic (76 týdnů věku) bylo patrné, že stejné podíly vajec během dne byly sneseny přibližně o 0,5 h později slepicemi Delta a o 1 h později slepicemi W-36. Autor také podotýká, že slepice W-36 produkovaly nejvyšší podíl vajec v 9 h (23,0 a 30,5 % denní produkce ve 33 a 76 týdnech věku slepic). Tento poznatek autor připisuje vztahu doby snesení vejce se světelným režimem, tzn. že tato nejvyšší snáška v 9 h byla zaznamenána po 14-ti h od začátku tmavé periody u obou věkových skupin. A dodává, že u mladých slepic (33 týdnů věku) bylo sneseno 50 % denní produkce během 13-ti h po zhasnutí, zatímco u starších jedinců (76 týdnů věku) byla snáška opožděna oproti mladším slepicím o 30 až 60 min.

2.2. Kvalita vajec

Pro producenta a konzumenta vajec je v dnešní době důležitá jejich kvalita. Dobrá kvalita vajec dokáže zlepšit ekonomiku chovu a pro odběratele to znamená garanci dobrého produktu za stejné nebo nižší náklady. Kvalita vajec se posuzuje podle mnoha kritérií, které zahrnují morfologické, chemické a mikrobiální vlastnosti. Ekonomicky významná je technologická hodnota. Při hodnocení kvality vajec technologickými postupy se sleduje především jejich hmotnost, kvalita žloutku, bílku a skořápky. Kvalita žloutku se vyjadřuje jeho hmotností, podílem, indexem a barvou. U bílku se hodnotí

jeho hmotnost, podíl, index a Haughovy jednotky. Skořápka se posuzuje na základě hmotnosti, podílu, pevnosti, tloušťky a popřípadě barvy.

2.2.1. Faktory ovlivňující kvalitu vajec

Všechny ukazatele kvality vajec jsou ovlivňovány faktory vnější a vnitřní povahy. Z vnitřních činitelů se jedná o genotyp slepic, jejich věk, dobu snesení, pořadí vejce v cyklu a chovatelské podmínky, včetně systému ustájení. Dosáhnout optimální kvality vajec lze využitím všech činitelů, které na kvalitu vajec působí. Je zřejmé, že pokud působí více faktorů současně, dochází při ovlivnění kvality vajec k interakcím všech faktorů.

Kvalita vajec a genotyp slepic

Vliv genotypu na kvalitu vajec je nejvýraznější při porovnání slepic snášející vejce s hnědou a bílou skořápkou. Je to dáno původem slepic a užitkovostí. Vits *et al.* (2005a) se zabývali hodnocením kvality vajec v závislosti na genotypu slepic. Z jejich výsledků je zřejmé, že hnědovaječné slepice Lohmann hnědý snášely vejce průkazně těžší, ale také snesly více rozbitých vajec než bílé slepice Lohmann LSL. V další práci Vits *et al.* (2005b) uvádějí vyšší hodnoty ukazatelů kvality vajec u Lohmann hnědý (hmotnost vejce, barvu žloutku a počet masových skvrn) v porovnání s Lohmann LSL. Zita *et al.* (2009) zjistili rozdíly v hmotnosti vajec slepic různých genotypů. ISA hnědá a Hisex hnědý snesly průkazně těžší vejce (60,1 a 60,4 g) než Moravia BSL (59,3 g). Tůmová *et al.* (2007) shledali nejvyšší hmotnost vajec Plymutky žíhané (63,4 g) při porovnávání kvality vajec s Dominantem modrým (60,3 g) a jejich F1 kříženci (61,8 g).

Hmotnost žloutku, jako jeden z ukazatelů jeho kvality, hodnotili Garces a Casey (2003) u holokrkých a zakrslých slepic. Vyšší hmotnost žloutku uvádějí u holokrkých slepic. Hmotnost a podíl žloutku v práci Tůmová *et al.* (2007) byl zjištěn nejvyšší u kříženců Dominanta modrého a Plymutky žíhané a nejnižší hodnoty byly naměřeny u vajec Dominanta modrého. Zita *et al.* (2009) zaznamenali vyšší hmotnost žloutku a jeho procentuální podíl u Moravia BSL (16,5 g, 27,6 %) oproti ISA hnědé a Hisex hnědemu (15,7 g, 26,1 % a 15,8 g, 26,1 %).

Garces a Casey (2003) porovnávali kvalitu bílku od zakrslých a holokrčných slepic. Geny holokrčnosti redukovaly výšku bílku, stejně tak geny zakrslosti snižovaly výšku bílku spolu s celkovou hmotností vejce. Haughovy jednotky, zastupující kvalitu bílku, zaznamenali Vits *et al.* (2005b) vyšší u bílých slepic Lohmann LSL v porovnání s Lohmannem hnědým. Tůmová *et al.* (2007) zjistili nejvyšší kvalitu bílku vajec Dominanta modrého (85,0 Haughových jednotek), při hodnocení vajec Plymutky žíhané a jejich F1 kříženců. Zita *et al.* (2009) uvádějí, že kvalita bílku byla také průkazně ovlivněna genotypem, nejvyšší Haughovy jednotky měla vejce slepic Hisexe hnědé (88,8) a nejnižší ISy hnědé (83,9).

Kvalitu skořápky vyjádřenou její hmotností, podílem, tloušťkou a pevností, vyhodnotili Zita *et al.* (2009) jako nejhorší u vajec slepic Moravia BSL. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vajec slepic ISA hnědá mimo pevnosti skořápky ($4756,7 \text{ g/cm}^2$), která byla vyšší u Hisexe hnědé ($4840,9 \text{ g/cm}^2$). Tůmová *et al.* (2007) shledali nejvyšší pevnost skořápky u vajec Dominanta modrého, ale zároveň byla u tohoto genotypu zaznamenána nejnižší tloušťka skořápky.

Kvalita vajec a systém ustájení slepic

Většina produkce vajec pochází z klecových systémů chovů. Od 1.1.2012, podle Směrnice Evropské komise 1999/74/EC, je zakázán chov slepic v neobohacených klecích a nadále je možný chov v obohacených klecích a v alternativních ustájeních, které zahrnují podestýlkový, voliérový a výběhový chov.

Klecové systémy chovu mají pozitivní vliv na hmotnost vajec (Mohan *et al.*, 1991; Leyendecker *et al.*, 2001a; Tůmová *et al.*, 2009; Sekeroglu *et al.*, 2010). Tůmová a Ebeid (2005) nebo Pištěková *et al.* (2006) naopak zjistili, že průkazně ($P < 0,01$) vyšší hmotnost měla vejce snesená na podestýlce. Zemková *et al.* (2007) nezaznamenali signifikantní rozdíly mezi hmotnostmi vajec u žádného z porovnávaných systémů ustájení, konvenční klece, obohacené klece, podestýlka a výběhy. Výsledky korespondují se závěry Abrahamssona *et al.* (1996), Basmaciogla a Ergula (2005) nebo Thomase a Ravindrana (2005), kteří také nepozorovali vliv systému ustájení na hmotnost vajec. Rozdíly mezi hmotnostmi vajec z odlišných systémů ustájení zaznamenali Hidalgo *et al.* (2008). Největší hmotnost vejce byla zjištěna ve výběhovém systému, následovala vejce

v ekologickém chovu, vejce z klecí a vejce z podestýlky. Ferrante *et al.* (2009) shledali těžší vejce na podestýlce v porovnání s ekologickým chovem slepic.

Kvalita žloutku, vyjádřená její hmotností a podílem, může být ovlivněna systémem ustájení. Basmacioglu a Ergul (2005) zaznamenali vyšší hmotnost žloutku u vajec z klecí oproti vejcům z podestýlky. Pištěková *et al.* (2006) nezjistili statisticky významné rozdíly v hmotnosti žloutku u vajec z podestýlky v porovnání s klecovým chovem, ale na podestýlce byla hmotnost vyšší. Také Tůmová a Ebeid (2005) zjistili vyšší podíl žloutku u vajec slepic chovaných na podestýlce proti klecím. Rozdíly v barvě žloutku v závislosti na ustájení uvádějí van den Brand *et al.* (2004). U slepic chovaných ve výběhu byla barva tmavší (11,0 vs. 9,3) v porovnání s klecovým chovem. Ke stejným výsledkům došli také Pištěková *et al.* (2006) a Sekeroglu *et al.* (2008). Leyendecker *et al.* (2001b) uvádějí, že tmavší barva žloutku byla u vajec slepic Lohmann LSL z výběhů a u Lohmann LT chovaných v klecích. Tůmová *et al.* (2009) naopak nezjistili průkazné interakce u barvy žloutku, ale tmavší barvu zaznamenali u genotypu Moravia BSL, který byl chován v kleci (v porovnání s podestýlkou a genotypy ISA hnědá a Hisex hnědý).

Hmotnost bílku a jeho kvalitu hodnotili Basmacioglu a Ergul (2005). Zjistili jeho vyšší hmotnost u slepic chovaných na podestýlce v porovnání s klecovým chovem. Tůmová a Ebeid (2005) uvádějí neprůkazně vyšší podíl bílku v kleci (62,71 %) v porovnání s podestýlkou (61,91 %). Naopak Pištěková *et al.* (2006) shledali vyšší podíl bílku u vajec snesených na podestýlce. Leyendecker *et al.* (2001b) porovnávali rozdíly v kvalitě bílku vajec od bílých slepic (Lohmann LSL) a od hnědých slepic (Lohmann LT) v bateriových klecích, voliérách a výběžích. Z výsledků je zřejmé, že oba genotypy slepic vykazovaly vyšší hodnoty Haughových jednotek při ustájení ve voliérách. Stejně tak Sekeroglu *et al.* (2010) zaznamenali vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec snesených ve výběžích oproti chovu v klecích a na podestýlce (92,5 vs. 92,4 a 91,0).

Kvalita skořápky je nejdůležitější ukazatel kvality celého vejce a je ovlivněna mnoha faktory, včetně systému ustájení (Miao *et al.*, 2005). Hidalgo *et al.* (2008) uvádějí nejnižší procentuální podíl skořápky u vajec z výběhů ve srovnání s klecemi, ekologickým chovem a chovem na podestýlce. Basmacioglu a Ergul (2005) nepozorovali vliv systému ustájení na hmotnost skořápky (podestýlka vs. klec), ale Pištěková *et al.* (2006) zaznamenali vyšší hmotnost skořápky u klecí oproti podestýlce, ačkoli nebyly

zjištěny rozdíly v pevnosti skořápky mezi jednotlivými systémy ustájení. Mertens *et al.* (2006) zjistili vyšší pevnost skořápky u vajec z voliér oproti klecovému chovu (obohacené i konvenční klece) a nižší pevnost u vajec z výběhu oproti všem ostatním chovům. Pavlovski *et al.* (2001) uvádějí, že slabší skořápku měla vejce z výběhů. Ale Hidalgo *et al.* (2008) shledali nejmenší tloušťku skořápky v klecovém systému, zatímco vyšší hodnoty tloušťky zaznamenali u výběhového a stájového systému chovu. Zmíněná nejmenší tloušťka skořápky podle autorů souvisí s největším indexem skořápky a s její pevností. Jacob *et al.* (2000) uvádějí, že barva skořápky nemá vliv na kvalitu vajec, ale že tmavěji zbarvená vejce mají silnější skořápku.

Sarica *et al.* (2008) studovali velikost vymezeného prostoru pro slepice na kvalitu vajec. V jejich práci byly porovnávány 4 klece s různě velkým prostorem pro slepice: 2000, 1000, 667 a 500 cm²/slepici. Autoři zaznamenali rozdíly pouze v indexu tvaru vejce, který byl nejvyšší u vajec slepic z klecí (500 cm²). Ostatní ukazatele (hmotnost vajec, hmotnost skořápky, pevnost skořápky, procentuální podíl skořápky, tloušťka skořápky) nebyly systémem ustájení ovlivněny.

Chov ve výběhu je podle van den Branda *et al.* (2004) náročnější na udržení stejné kvality vajec než v klecovém systému. Ovšem důležitým ukazatelem je podíl vajec s porušenou skořápkou a ten byl shledán ve studii Sekeroglu *et al.* (2010) nejvyšší v klecích (3,13 %). Nejnižší podíl takto znehodnocených vajec připisují autoři chovu ve výběhu (2,02 %) v porovnání s chovem v klecích a volným chovem.

Kvalita vajec a věk slepic

Kvalita vajec se mění v závislosti na věku slepic, výrazné rozdíly jsou především na začátku a konci snáškového cyklu. Al-Rawi a Abou-Ashour (1984) shledali maximální hmotnost vajec na konci snáškového cyklu, kdy slepice snášely méně vajec. Hmotnost vajec se s věkem slepic zvyšuje (Campo *et al.*, 2000; Silversides a Scott, 2001; van den Brand *et al.*, 2004; Tůmová a Ledvinka, 2009). Jako příklad lze uvést studii Wezyk *et al.* (2006), kteří porovnávali hmotnosti vajec u dvou polských linií slepic (Astra H a Astra S). Ve 20 týdnech věku slepice snášely vejce s průměrnou hmotností 45 g a na konci pokusu (63 týdnů věku) se jejich hmotnost zvýšila na 65 – 66 g, bez rozdílu mezi genotypy. Podobné výsledky zaznamenal i Patterson (1997) u komerčních bílých

nosných hybridů. Také Odabasi *et al.* (2007) uvádějí zvyšující se hmotnost vajec s věkem slepic. Z jejich výsledků jsou patrné rozdíly: ve 25 týdnech slepic genotypu Hy-line hnědá byla průměrná hmotnost jejich vejce 58,83 g a po 10 měsících byla hmotnost 66,64 g. Stejný genotyp použili Ferrante *et al.* (2009), ale popisují zvyšování hmotnosti vajec jen do 43. týdne věku a poté její snížení. Yannakopoulos *et al.* (1994) potvrdili pozitivní vztah mezi věkem a hmotností žloutku, když zaznamenali jeho hmotnost o 12,3 % vyšší u vajec snesených v 10 měsících věku slepic oproti 7 měsícům věku. Zvyšování hmotnosti žloutku s věkem slepic potvrzují také Jacob *et al.* (2000) a dodávají, že velikost žloutku se zvětšovala díky absorpci vody z bílku. Také Ferrante *et al.* (2009) uvádějí vyšší hmotnost žloutku u starších slepic, ale hmotnost žloutku u slepic ve věku 68. týdnů byla nižší oproti 53. týdnu věku. Tůmová a Ledvinka (2009) zjistili, že hmotnost žloutku byla více spojena s věkem slepic než hmotnost bílku. Od počátku snášky se hmotnost žloutku zvýšila o 40 %, zatímco hmotnost bílku jen o 11 %.

Kvalita bílku se mění s věkem slepic. Yannakopoulos *et al.* (1994) shledali nižší hmotnost bílku u starších slepic (o 4,5 %). Rovněž Ferrante *et al.* (2009) uvádějí nižší hmotnost bílku u slepic ve věku 68 týdnů (41,95 g) oproti věku 27 týdnů (42,24 g). Ale v 35. týdnu věku slepic zaznamenali průkazné zvýšení hmotnosti bílku (43,01 g). Petek *et al.* (2009) zaznamenali pozitivní vliv věku slepic na Haughovy jednotky. Zvyšování Haughových jednotek s věkem zjistili také Zita *et al.* (2009). Naopak vyšší Haughovy jednotky u mladých slepic (33 týdnů věku) zjistili Bozkurt a Tekerli (2009), stejně jako vyšší výšku bílku. Pokles výšky bílku s věkem uvádějí van den Brand *et al.* (2004).

Kvalita vaječné skořápky je jedním z nejdůležitějších parametrů pro následnou manipulaci s vejci (Ledvinka *et al.*, 2000). Ukazatelé kvality skořápky se zhoršují se zvyšujícím se věkem slepic a poukazují na vyšší výskyt prasklých vajec (Campo *et al.*, 2007). Studie Bozkurt a Tekerli (2009) uvádí, že starší slepice (64 vs. 33 týdnů věku) snášely vejce s vyšší hmotností skořápky a menší tloušťkou. Stejně výsledky uvádějí Campo *et al.* (2000). V pokusu van den Branda *et al.* (2004) se procentuální podíl skořápky s věkem slepic snižoval. S postupujícím věkem slepic zjistili Roland *et al.* (1975) shodně s Pavlíkem *et al.* (2009) nižší pevnost skořápky. Ve starší studii je popsáno, že pokles kvality skořápky s věkem je způsoben množstvím vápníku uloženého

ve skořápce během stárnutí slepice. Zita *et al.* (2009) zaznamenali zvyšující se pevnost skořápky od začátku snášky do konce první fáze a poté její snížení. Odabasi *et al.* (2007) a také Tůmová a Ledvinka (2009) hodnotili změny v barvě skořápky v závislosti na věku slepic. Větší povrch skořápky, díky zvyšující se hmotnosti vejce u starších slepic, byl světlejší.

Ve vztahu k věku Scott Beyer (2005) uvádí, že na začátku snáškového cyklu mladé slepice snášely menší vejce s pevnou skořápkou a vysokým tuhým bílkem. S postupem času se hmotnost vajec zvyšovala, skořápka se ztenčovala a bílek byl řidší. Rous (1972) zjistil, že ve větších vejcích je více žloutku a bílku než v malých vejcích, ale procentuální podíly žloutku a bílku nemusí být stejné.

2.3. Vliv doby snesení na ukazatele kvality vajec

Vliv doby snesení na hmotnost vajec

Ze zahraniční i tuzemské literatury je zřejmé, že vejce snesená ráno jsou těžší než vejce snesená později během dne (Washburn a Potts, 1975; Halaj a Szoby, 1977; Choi *et al.*, 1981; Arafa *et al.*, 1982; Lee a Choi, 1985; Patterson, 1997; Pavlovski *et al.*, 2000; Aksoy *et al.*, 2001; Tůmová a Ebeid, 2005; Tůmová *et al.*, 2007; Tůmová a Ledvinka, 2009; Tůmová *et al.*, 2009). Harms (1991) zaznamenal nejvyšší hmotnost vajec snesených v ranních hodinách, hmotnost se snižovala do 15:45 h a poté se opět zvyšovala. Sníženou hmotnost vajec s postupující dobou snesení během dne uvádějí také Yannakopoulos *et al.* (1994) a Novo *et al.* (1997). Patterson (1997) shledal rozdíly v hmotnosti vajec 2 – 9 g u vajec snesených mezi 5:00 – 18:00 h. Yannakopoulos *et al.* (1994) a Tůmová *et al.* (2007) zaznamenali nejvyšší hmotnost vajec v 6 h, naopak Tůmová *et al.* (2008) v jiné práci zjistili těžší vejce v 10 a 14 h v porovnání s vejci snesenými v 6 h. Těžší ranní vejce byla pozorována i Aksoyem *et al.* (2001), ale s rozdílem doby sběru. První sběr byl v 9 h, další ve 12 h a vejce s nejnižší hmotností byla sebrána v 15 h. Také Zakaria *et al.* (2005) shledali vyšší hmotnosti vajec snesených ráno (7 – 12 h), a to u slepic různého věku (34 a 59 týdnů). V rozporu s těmito pozorováními je studie Ayorinda a Olagbuyira (1991), kde nebyly zjištěny žádné rozdíly v hmotnosti vajec v závislosti na různé době snesení.

Rozdíly v hmotnosti vajec snesených během dne také závisí na pozici vejce v sérii. Tyto diference zřejmě ovlivňuje fyzická kondice slepic, neboť na začátku série mají schopnost produkovat těžší vejce (Choi *et al.*, 1981). Nicméně s postupující snáškou se kondice snižuje. Choi *et al.* (1981) a Miyoshi *et al.* (1997) uvádějí stejně jako ostatní autoři, že vejce snesená ráno jsou těžší, protože většina prvních vajec ve snášce bývá snesena právě v ranních hodinách. Lillpers a Wilhelmson (1993) zjistili snižující se hmotnost vajec v závislosti na pořadí vejce v sérii, ale nezaznamenali průkazné rozdíly v hmotnosti vajec při sérii s 18 a více vejci. Miyoshi *et al.* (1997) shledali výrazné rozdíly v hmotnosti vajec mezi prvním a následujícími vejci (3 – 4 g nebo-li 6 %).

Hmotnost vejce může být hodnocena jako celek nebo suma hmotností jeho třech částí (Johnstonová a Gous, 2007). Studie Yannakopoulou *et al.* (1994) nebo Johnstonové a Gouse (2007) uvádějí, že zvyšující se hmotnost vejce je spojena s průkazným zvýšením procentuálního podílu žloutku úměrně k bílku. Nižší hmotnost bílku je podle autorů díky vytlačení vody z bílku, ke kterému dochází postupně s věkem. Shi *et al.* (2009) naopak zaznamenali, že zvyšující se hmotnost vejce byla způsobena vyšším procentuálním podílem bílku, zatímco podíl žloutku se snižoval.

Hmotnost vajec může být ovlivněna interakcemi více faktorů. Tůmová a Ebeid (2005) zjistili, že slepice chované v klecích snášely těžší vejce brzy ráno (6 h) oproti slepicím na podestýlce a v porovnání s další dobou sběru v 10 a 14 h. Naopak při ustájení na podestýlce autoři neuvádějí vliv doby snesení na hmotnost vajec. Neprůkazně vyšší hmotnost vajec z tohoto systému byla zaznamenána v 10 h. Tůmová *et al.* (2009) popsali, že hmotnost vajec byla průkazně ovlivněna interakcí doby snesení (6, 10 a 14 h) a genotypu slepic (ISA hnědá, Hisex hnědý a Moravia BSL). Nejtěžší vejce byla snesena brzy ráno (6 h) slepicemi Hisexe hnědé a nejnižší hmotnost měla vejce slepic ISA hnědá snesená ve 14 h. Autoři zaznamenali pokles hmotnosti vajec slepic Hisexe hnědé a ISy hnědé s dobou snesení během dne, ale naopak průkazné zvyšování hmotnosti vajec Moravia BSL.

Vliv doby snesení vejce na kvalitu žloutku

Kvalita žloutku se může lišit s postupnou snáškou během dne. Halaj a Szoby (1997) shledali nejvyšší podíl žloutku u vajec snesených brzy ráno a pozdě odpoledne.

Tůmová a Ebeid (2005) zjistili vyšší podíl žloutku jen u vajec snesených v ranních hodinách (6 h oproti 10 a 14 h). Studie Arafa *et al.* (1982) a Tůmové a Ledvinky (2009) uvádějí, že žloutek vajec snesených ráno byl průkazně těžší. Naopak Yannakopoulos *et al.* (1994) neshledali průkazný vliv doby snesení vejce na hmotnost žloutku. Rozdíly ve výšce žloutku a jeho indexu v závislosti na době snesení vejce byly zjištěny Tůmovou *et al.* (2008). Vyšší hodnoty byly zaznamenány u vajec snesených v 10 h (v porovnání s 6 h a 14 h).

Tůmová *et al.* (2007) studovali vliv interakce genotypu a doby snesení vejce na kvalitu žloutku. Zaznamenali jeho nejvyšší podíl u vajec snesených v 6 h slepicemi Dominant modrý a Plymutka žíhaná a u jejich kříženců byl nejvyšší podíl žloutku v 10 h. Také v další práci Tůmové *et al.* (2009) byla zjištěna interakce doby snesení a genotypu slepic u hmotnosti žloutku. Nejvyšší hodnoty měla vejce snesená slepicemi Moravia BSL odpoledne (14 h), zatímco hmotnost žloutku slepic ISA hnědá a Hisex hnědý se během dne snižovala.

Vliv doby snesení vejce na kvalitu bílku

Vliv doby snesení je patrný také na ukazatelích kvality bílku. Podle Yannakopoulou *et al.* (1994) je změna hmotnosti bílku v závislosti na době snesení patrná i pokud se hmotnost vejce nezmění. Vejce snesená odpoledne měla průkazně ($P < 0,05$) více bílku než vejce ranní. Odpolední vejce obsahovala také vyšší obsah vody v bílku. Podle autorů to mohlo být způsobeno vyšší absorbcí bílku během formování vejce, což ale nepřispívá ke zvyšování jeho hmotnosti. Naopak Tůmová *et al.* (2009) zaznamenali pokles hmotnosti bílku s dobou sběru. Výsledky studie Tůmové a Ebeida (2005) a Tůmové *et al.* (2008) vykazují nižší hodnoty ukazatelů kvality bílku (výška bílku, index bílku a Haughovy jednotky) vajec snesených v ranních hodinách (6 h), ale během dne se kvalita bílku zvýšila (10 h a 14 h). Tůmová a Ebeid (2005) zjistili rozdíl více než 2 Haughových jednotek mezi vejci snesenými ráno (6 h) a odpoledne (14 h). Podobný rozdíl (o 2,86 jednotky vyšší ve prospěch vajec snesených odpoledne) uvádějí i Tůmová *et al.* (2008). Oproti tomu studie Pavlovského *et al.* (2000) a Tůmové *et al.* (2007; 2009) zaznamenaly nižší hodnoty Haughových jednotek u odpoledních vajec různých genotypů.

Procentuální podíl bílku z vejce ovlivněný interakcí doby snesení a genotypu byl sledován ve studii Tůmové *et al.* (2007). Autoři zaznamenali jeho nejvyšší zastoupení u vajec snesených v 10 h (genotyp Dominant modrý a Plymutka žíhaná), ale u vajec kříženců těchto genotypů byl nejvyšší podíl bílku zjištěn později během dne (14 h). Interakce ovlivňující kvalitu bílku v závislosti na době snesení vejce, genotypu a systému ustájení jsou uvedeny v práci Tůmové *et al.* (2009). Vejce snesená v 6 h slepicemi Moravia BSL ustájenými na podestýlce vykazovala nejvyšší hodnoty Haughových jednotek. Slepice genotypu Moravia BSL snášely v tomto experimentu vejce s nejvyšší kvalitou bílku vyjádřenou Haughovými jednotkami v porovnání s genotypy ISA hnědá a Hisex hnědý.

Vliv doby snesení vejce na kvalitu skořápky

Vztah mezi dobou snesení vejce a kvalitou jeho skořápky je dalším zajímavým a hodně diskutovaným tématem. Mnoho studií uvádí, že vejce snesená odpoledne mají vyšší kvalitu skořápky (Yannakopoulos *et al.*, 1994; Novo *et al.*, 1997; Pavlovski *et al.*, 2000; Tůmová a Ebeid, 2005; Tůmová *et al.*, 2007; 2009). Yannakopoulos *et al.* (1994) zjistili, že lepší kvalita skořápky odpoledních vajec je díky její vyšší pevnosti a nižším hodnotám deformace. S tímto také souhlasí výsledky studie Pavlovského *et al.* (2000), který dokazuje vliv doby snesení vejce na kvalitu skořápky. A dodává, že s dobou snesení vejce ubývá deformace skořápky a naopak roste síla potřebná k prasknutí skořápky, tloušťka a hmotnost skořápky. Vejce se silnější skořápkou byla snesena mezi 10. – 13. h. Postupný nárůst tloušťky skořápky zaznamenali také Washburn a Potts (1975). Naopak Tůmová *et al.* (2008) zjistili průkazně vyšší tloušťku skořápky u ranních vajec (6 h), ale u ostatních ukazatelů vliv doby snesení nebyl potvrzen.

Tůmová a Ebeid (2005) zjistili vyšší procentuální podíl skořápky u vajec snesených odpoledne (10,33 a 10,31 % ve 14 a 10 h). U ráno snesených vajec (6 h) byl naopak zaznamenán pokles podílu skořápky (10,03 %). Harms (1991) uvádí průkazně vyšší hmotnost skořápky vajec snesených před 7:45 než mezi 7:45 a 11:45. Poté se hmotnost zvyšovala do 12:45 a zůstala přibližně stejná po zbytek dne s výjimkou vajec snesených mezi 14:45 a 16:45. V rozporu s tímto výsledkem je studie Tůmové *et al.* (2009), která popisuje snižující se trend v hmotnosti skořápky s dobou snesení. Stejně

jako Tůmová a Ledvinka (2009), kteří uvádějí snižující se hmotnost skořápky s dobou snesení během dne, obdobně jako se snižuje hmotnost vejce. Všechny ukazatele kvality skořápky (hmotnost, podíl, pevnost a tloušťka) shledali Halaj a Szoby (1977) nejvyšší brzy ráno a pozdě odpoledne. Při hodnocení kvality skořápky třech genotypů Dominanta Tůmová *et al.* (2007) zaznamenali všechny charakteristiky kvality (hmotnost, podíl, pevnost a tloušťka) průkazně vyšší u odpoledních vajec (14 h).

Rozdíly v kvalitě skořápky jsou patrné také při interakcích doby snesení a systému ustájení. Tůmová a Ebeid (2005) popisují, že u slepic chovaných v klecích měla doba snesení vejce průkazný vliv na procentuální podíl skořápky. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány ve 14 a 10 h. U slepic ustájených na podestýlce měla naopak doba snesení vliv na tloušťku skořápky, kdy silnější skořápka byla zjištěna u vajec snesených ráno (6 h). Průkazná interakce několika faktorů (doba snesení, genotypu a systému ustájení) byla shledána u pevnosti skořápky (Tůmová *et al.*, 2009). Nejvyšší hodnoty byly patrné u vajec snesených ve 14 h slepicemi Hisexe hnědého, které byly chovány v klecích a naopak nejnižší pevnost byla zaznamenána u vajec snesených ve stejný čas (14 h), ale slepicemi Moravia BSL ustájenými na podestýlce.

Pro produkci kvalitních vajec a ekonomiku chovu je důležitý podíl nestandardních vajec a vajec s porušenou skořápkou. Tůmová a Ebeid (2005) uvádějí jejich vyšší výskyt v ranních hodinách (6 h), kdy zaznamenali vyšší podíl snesených vajec a vyšší hmotnost vajec. V 6 h bylo sneseno celkem 82,12 % všech vajec, z toho bylo 1,8 % vajec porušených a 0,85 % nestandardních vajec. Stejně tak Halaj a Packa (1977; in Tůmová a Ebeid, 2005) zaznamenali více nestandardních vajec (dvoužloutkové, malé, protáhlé, kulaté) v době nejvyšší intenzity denní snášky (9:00 – 11:00).

3. HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE

Hypotéza:

Kvalita vajec je ovlivněna především genotypem a věkem slepic, dobou snesení vejce a systémem ustájení. Vzhledem k tomu, že na kvalitu vajec působí více faktorů, lze předpokládat, že bude docházet i k interakcím mezi těmito faktory a kvalitou vajec.

Cíl:

Cílem práce bylo zhodnocení kvality vajec v závislosti na době snesení při ustájení slepic v různých systémech (konvenční klec, obohacená klec a podestýlka) u různých genotypů (bělovaječné a hnědovaječné nosnice) a v závislosti na věku (začátek, polovina, konec snáškového cyklu) s posouzením interakcí výše uvedených faktorů.

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1. Pokus 1

Pokus 1 byl zaměřen na zjištění vlivu doby snesení vejce, systému ustájení a jejich interakcí na kvalitu vajec. Pokus se uskutečnil v demonstrační stáji České zemědělské univerzity v Praze a v pokusné stáji Výzkumného ústavu živočišné výroby v Praze Uhřetěvsi. Stanovení technologické hodnoty vajec probíhalo v laboratoři Katedry speciální zootechniky. Pokus byl realizován se 172 slepicemi ISA hnědá od 20. do 60. týdne věku. Nosnice byly ustájeny ve dvou klecových systémech a na podestýlce. V konvenčních klecích bylo ustájeno 72 nosnic (na jednu slepici připadalo 550 cm² plochy), 40 nosnic bylo v obohacených klecích (750 cm²/nosnici) a na podestýlce 60 slepic (7 nosnic na 1 m²). Nosnice byly chovány za běžných podmínek pro daného hybridu, byly krmeny komerčním typem krmné směsi N1 (20 – 40 týdnů věku) a N2 (41 – 60 týdnů věku). Kompletní složení směsí a obsah živin je uveden v tabulkách 1 a 2. Teplota v halách byla udržována v rozmezí 20 až 22 °C. Krmení i voda byla podávána *ad libitum*. V halách se používal světelný den s 15 hodinami světla (intenzita osvětlení cca 10 lx).

Tabulka 1: Složení krmných směsí pro chov slepic

Komponent (% ve směsi)	N1	N2
Pšenice	34,38	35,50
Kukuřice	28,30	30,30
Sojový extrahovaný šrot	17,50	15,50
Rybí moučka	1,50	1,50
Kvasnice	1,50	-
Pšeničné otruby	2,00	2,50
Sušená vojtěška	2,00	2,00
Řepkový olej	3,00	3,00
Mletý vápenec	8,00	8,00
Dikalciumfosfát	1,00	1,00
Krmná sůl	0,20	0,20
Aminovitan SK ¹	0,50	0,50
Methionin 50	0,12	-

¹Aminovitan SK: vitaminy A, D3, E, síran měďnatý pentahydrát, seleničitan sodný

Tabulka 2: Kalkulovaný obsah živin

Komponent (% ve směsi)	N1	N2
Dusíkaté látky	16,66	15,37
Metabolizovatelná energie (MJ)	11,4	11,48
Methionin	0,32	0,27
Lysin	0,80	0,77
Vápník	3,48	3,48
Fosfor (celkový)	0,56	0,56

K rozborům a zjištění technologické hodnoty byla odebírána všechna snesená vejce ve 28-denním intervalu, vždy 2 dny po sobě. Pro stanovení vlivu doby snesení byla použita všechna vejce ze skupiny v 6, 10 a ve 14 h. Poslední sběr vajec před tímto sběrem byl uskutečněn předchozí den ve 14 h. K rozborům bylo použito celkem 1500 vajec. Z ukazatelů technologické hodnoty byla zjišťována hmotnost vajec, index vejce, index bílku, index žloutku, hmotnost žloutku, hmotnost bílku, hmotnost skořápky, tloušťka skořápky, pevnost skořápky destruktivní a nedestruktivní metodou, Haughovy jednotky (Haugh, 1937) a barva žloutku. Jednotlivé charakteristiky byly stanoveny přístroji firmy TSS (England).

Hmotnost vejce, žloutku a skořápky se zjišťovala na elektronických laboratorních vahách s přesností na 0,1 g. Hmotnost bílku byla zjištěna z rozdílu hmotností vejce a žloutku a skořápky. Skořápka byla zvážena až po vysušení při 50 °C po dobu 4 hodin. Z naměřených hodnot bylo dopočítáno procentuální zastoupení bílku, žloutku a skořápky (%). Index tvaru vejce (%) byl vypočten na základě vzorce (šířka/délka) * 100, kdy rozměry délka (mm) a šířka (mm) vejce byly měřeny posuvným měřítkem.

Kvalita bílku byla vyjádřena pomocí indexu bílku a Haughových jednotek. Haughovy jednotky byly stanoveny pomocí přístrojů QCH a QCM+, které byly připojeny k počítači vybavenému programem k automatickému zaznamenávání hmotnosti vejce a výšky bílku (mm) a výpočtu Haughových jednotek (Haugh, 1937). Index bílku (%) byl vypočten takto: (výška bílku/((šířka bílku+délka bílku)/2)) * 100, kde výška tuhého bílku změřená přístrojem QCH od TSS England. Šířka (mm) a délka tuhého bílku (mm) byly měřeny kolmo na sebe posuvným měřítkem.

Žloutek byl hodnocen na základě jeho indexu a barvy. Index žloutku (%) byl spočítán pomocí vzorce $(\text{výška žloutku} / ((\text{šířka žloutku} + \text{šířka žloutku}) / 2)) * 100$, ve kterém výška žloutku (mm) byla změřena mikrometrickou hlavicí (Mitutoyo, 0,01 mm, Kawasaki, Japan) a rozměry šířky žloutku (mm) byly měřeny kolmo na sebe posuvným měřítkem. Barva žloutku byla stanovena kolorimetrickou metodou na přístroji QCC (TSS England) a výsledky vyjádřeny jako standard DMS Roche.

Z ukazatelů kvality skořápky se hodnotila pevnost, tloušťka a barva skořápky. Pevnost skořápky byla vyhodnocena přístrojem QC – SPA firmy TSS England. Tloušťka skořápky v ekvatoriální rovině byla hodnocena po odstranění podskořápečných blan na přístroji QCT (TSS England). Barva skořápky byla měřena reflektometrem QCR. Hodnoty barvy skořápky se pohybují mezi 0 (černá) a 100 % reflektance (čistě bílá).

4.2. Pokus 2

V pokusu 2 byl stanovován vliv doby snesení vejce v závislosti na genotypu a věku nosnic na kvalitu vajec. Pokus byl realizován se slepicemi ISA hnědá, Bovans hnědý a Moravia BSL od 20 do 56 týdnů věku (3 věkové kategorie: 20 – 24, 36 – 44, 50 – 56 týdnů věku), ustájenými v konvenčních klecích v demonstrační stáji ČZU. Slepice byly rozděleny do 3 skupin podle genotypu a u každého genotypu byla hodnocena kvalita vajec v závislosti na době snesení vejce a věku nosnic. Vejce byla sbírána v 6, 10 a ve 14 h a bylo analyzováno celkem 2564 vajec. Během sledování byly nosnice krmeny komerčním typem krmné směsi, shodně jako v pokusu 1. Podmínky vnějšího prostředí odpovídaly běžným požadavkům, používal se světelný režim pro hybrida ISA hnědá (světelný den s 15 hodinami světla). Napájení a podávání krmné směsi bylo *ad libitum*.

V pokusu byly sledovány ukazatele technologické hodnoty vajec ve 14-ti denním intervalu v každém období. Metodika analýzy kvality vajec byla shodná s pokusem 1.

4.3. Pokus 3

Pro stanovení vlivu doby snesení, genotypu a systému ustájení na kvalitativní ukazatele vajec byl pokus 3 realizován na hybridu Lohmann LSL a u plemene Česká

slepice, které byly ustájeny v konvenčních klecích a na podestýlce. V klecích bylo chováno 36 nosnic genotypu Lohmann LSL a 36 nosnic Česká slepice (1 nosnice/550 cm²) a na podestýlce bylo celkem 60 nosnic rozděleno do dvou skupin dle genotypu (7 slepic/m² plochy). Vejce ke stanovení vlivu doby snesení byla sbírána rovněž v 6, 10 a 14 h. Mikroklimatické a technologické podmínky, složení a obsah živin v krmných směsích byly shodné jako v pokusu 1 a 2. Sledování technologické hodnoty u 1500 kusů vajec bylo metodicky totožné s předchozími pokusy.

4.4. Statistické zhodnocení

Zjištěné hodnoty byly statisticky zpracovány metodou analýzy rozptylu (ANOVA) pomocí general linear modelu (GLM) programu SAS (SAS Institute, 2003). Při porovnávání technologické hodnoty vajec byla použita jednocestná ANOVA, kdy za hlavní vlivy byly považovány jednotlivé faktory (doba snesení, systém ustájení, genotyp, věk). Dvou a tří-faktoriální ANOVou se zjišťovaly interakce mezi všemi sledovanými faktory. Hodnotily se interakce doby snesení vejce, systému ustájení a kvalitativních ukazatelů vajec. Dále interakce mezi dobou snesení vejce, genotypem, věkem a kvalitou vajec a interakce doby snesení vejce, genotypu, systému ustájení a kvalitativních ukazatelů vajec. Pravděpodobnost menší než 0,05 byla považována za průkaznou.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1. Pokus 1

V pokusu 1 byl zjišťován vliv doby snesení a systému ustájení na kvalitativní ukazatele vajec, jejich obsahu i kvalitu skořápky. Tabulka 3 dokumentuje vliv zmiňovaných faktorů na hmotnost vejce, index vejce a barvu skořápky. U hmotnosti vajec v našem pokusu byla zaznamenána průkazná interakce ($P \leq 0,045$) doby snesení a systému ustájení. Signifikantně těžší vejce byla snesena v dopoledních hodinách (6 a 10 h) v klecových systémech (konvenční a obohacené kleci) v porovnání se snáškou ve 14 h a podestýlkovým chovem. Také studie Tůmové a Ebeida (2005) dokazuje vliv doby snesení na hmotnost vajec v závislosti na systému ustájení, přičemž v klecích zaznamenali statisticky ($P \leq 0,01$) nejtěžší vejce (63,01 g) v 6 h oproti 10 h (61,61 g) a 14 h (61,20 g). U vajec snesených na podestýlce nebyla jejich hmotnost průkazně ovlivněna dobou snesení. Naopak Tůmová *et al.* (2009) nezjistili průkaznou interakci doby snesení a systému ustájení na hmotnost vajec. V našem pokusu doba snesení signifikantně ($P \leq 0,001$) ovlivnila hmotnost vajec, u nichž byl zaznamenán pokles v průběhu dne o 2,5 g. Průkazně těžší vejce byla snesena v 6 a 10 h (62,9 a 62,3 g) ve srovnání s vejci snesenými ve 14 h (60,4 g). Také další autoři uvádějí vyšší hmotnost vajec snesených ráno (Lee a Choi, 1985; Patterson, 1997; Pavlovski *et al.*, 2000; Tůmová a Ledvinka, 2009; Tůmová a Gous, 2012b). Harms (1991) zaznamenal pokles hmotnosti vajec, ale jen do 15:45 h, a poté sledoval její zvýšení. Rovněž Aksoy *et al.* (2001) zjistili nižší hmotnosti vajec v průběhu dne, těžší vejce byla snesena v 9 a 12 h, lehčí vejce v 15 h. Naopak Ayorinde a Olagbuyiro (1991), Yannakopoulos *et al.* (1994) ani Tůmová *et al.* (2007, 2008) neshledali průkazné rozdíly v hmotnosti vajec v závislosti na různé době snesení. Hmotnost vajec našeho pokusu byla také ovlivněna systémem ustájení ($P \leq 0,001$), vejce s vyšší hmotností byla snesena v klecových systémech (konvenční klec 62,5 g a obohacená klec 62,5 g) na rozdíl od vajec z podestýlky (60,6 g). Shodně Mohan *et al.* (1991), Leyendecker *et al.* (2001b) a Petek *et al.* (2009) uvádějí vyšší hmotnost vajec v klecích než v alternativních systémech. Naopak Pištěková *et al.* (2006) zjistili signifikantně ($P \leq 0,01$) vyšší hmotnost vajec nosnic ustájených na podestýlce (62,02 g)

oproti klecím (60,63 g). Vyšší hmotnost vajec z podestýlky může být důsledkem nižší snášky při tomto ustájení. Lichovníková a Zeman (2008) zaznamenali průkazně těžší ($P \leq 0,05$) vejce nosnic ustájených na podestýlce (64,9 g) a v konvenčních klecích (64,6 g) v porovnání s obohacenými klecemi (62,8 g). Na druhou stranu neprůkazný vliv systému ustájení na hmotnost vajec je patrný z pokusů van den Branda *et al.* (2004), Guesdona a Faureho (2004), Basmaciogla a Ergula (2005), Thomase a Ravindrana (2005), Zemkové *et al.* (2007), Sekeroglu *et al.* (2010) nebo Ledvinky *et al.* (2012).

Tabulka 3 dále uvádí statisticky významnou ($P \leq 0,010$) interakci doby snesení a systému ustájení na barvu skořápky. Tmavší barvu měly skořápky vajec snesených v 6 h v konvenčních klecích než vejce snesená v 10 a 14 h v obohacených klecích a na podestýlce. Na rozdíl od těchto údajů Tůmová *et al.* (2009) neprokázali ovlivnění barvy skořápky interakcí doby snesení a systému ustájení. Z našich výsledků je dále patrný signifikantní ($P \leq 0,001$) vliv doby snesení vajec na barvu skořápky, světlejší skořápku měla vejce snesená v 10 a 14 h (36,7 a 36,1 %) oproti vejcím sneseným v 6 h (33,0 %). Shodné výsledky popisují také Tůmová a Ledvinka (2009), průkazně světlejší skořápky zaznamenali u vajec snesených ve 14 h v porovnání s 6 a 10 h. Rovněž systém ustájení v našem pokusu signifikantně ($P \leq 0,006$) ovlivnil barvu skořápky. Světlejší barva byla zjištěna u vajec snesených na podestýlce (35,9 %) a v obohacených klecích (35,4 %) na rozdíl od vajec z konvenčních klecí (34,4 %). Zmínku o změně barvy skořápky v závislosti na systému ustájení můžeme najít i v práci Ledvinky *et al.* (2012), kteří uvádějí průkazně ($P \leq 0,001$) světlejší barvu skořápky u vajec snesených v klecích (36,2 %) než na podestýlce (35,1 %).

Tabulka 3: Vliv doby snesení a systému ustájení na kvalitu vajec

	Hmotnost vejce (g)	Index vejce (%)	Barva skořápky (%)
Doba snesení			
6:00	62,9 ^a	77,4 ^a	33,0 ^b
10:00	62,3 ^a	76,8 ^b	36,7 ^a
14:00	60,4 ^b	76,6 ^b	36,1 ^a
Systém ustájení			
Konvenční klec	62,5 ^a	76,7	34,4 ^b
Obohacená klec	62,5 ^a	77,1	35,4 ^a
Podestýlka	60,6 ^b	76,9	35,9 ^a
Průkaznost			
Doba snesení	0,001	0,001	0,001
Systém ustájení	0,001	NS	0,006
Doba snesení * systém ustájení	0,045	NS	0,010

^{ab} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

Hmotnost vejce je tvořena součtem hmotností jeho jednotlivých částí, největší podíl připadá na bílek. V tomto pokusu (tabulka 4) nebyla shledána průkazná interakce doby snesení a systému ustájení na podíl bílku. Ani Tůmová a Ebeid (2005) neuvádějí průkazné rozdíly v podílu bílku u vajec snesených během dne v klecích a na podestýlce. Z tabulky 4 je ale patrný signifikantní vliv doby snesení na tento ukazatel. Vejce snesená v 6 h (signifikantně nejtěžší vejce z celého dne) měla průkazně nejvyšší ($P \leq 0,001$) podíl bílku (63,2 %), který se s postupující dobou snesení v 10 a 14 h snižoval (62,7 a 62,5 %). Tyto výsledky nekorrespondují s údaji Tůmové *et al.* (2007, 2008) ani Tůmové a Gouse (2012b), kteří neshledali statisticky významný vliv doby snesení vajec na podíl bílku. Podobně nebyly zaznamenány průkazné rozdíly podílů bílku v závislosti na systému ustájení, což souhlasí s prací van den Branda *et al.* (2004). Naopak Basmacioglu a Ergul (2005) zjistili průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl bílku u vajec nosnic z podestýlkového chovu (65,91 %) oproti chovu v klecích (65,07 %). A také Hidalgo *et al.* (2008) zmiňují signifikantně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl bílku u vajec z výběhů (65,4 %) a ekologických chovů (65,3 %), ve srovnání s vejci ze stájových (63,9 %) a klecových (64,2 %) chovů.

U zmíněných autorů pravděpodobně vyšší podíl bílku u vajec z podestýlky souvisel s vyšší hmotností vajec v těchto chovech.

Tabulka 4 dále uvádí Haughovy jednotky jako jedny z hlavních kvalitativních ukazatelů vajec, které byly ovlivněny dobou snesení, systémem ustájení a také jejich interakcí. Při jejich vyhodnocování byla zjištěna průkazná ($P \leq 0,001$) interakce doby snesení a systému ustájení. Vejce snesená na podestýlce v 6 h měla hodnoty Haughových jednotek nejvyšší. V porovnání s tím Tůmová a Ebeid (2005) shledali statisticky ($P \leq 0,05$) vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec snesených na podestýlce i v klecích ve 14 h (72,85, resp. 74,85). Naopak z práce Tůmové *et al.* (2009) není patrný vliv interakce doby snesení a systému ustájení na Haughovy jednotky. V našem pokusu byly Haughovy jednotky ovlivněny dobou snesení vajec, v průběhu dne se snižovaly v průměru o 2,7 jednotek. Vejce snesená v 6 h měla signifikantně ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty (84,8), na rozdíl od vajec snesených v 10 a 14 h (82,8 a 82,1). Rozdíl Haughových jednotek u vajec snesených v 10 a 14 h nebyl statisticky odlišný. Tůmová *et al.* (2008) naopak zaznamenali průkazné ($P \leq 0,05$) zvýšení Haughových jednotek s dobou snesení (69,99; 72,35 a 72,85 v 6, 10 a 14 h). Rozdílnost těchto prací může souviset s různými genotypy a věkem nosnic použitých v pokusech. Neprůkazný vliv doby snesení vejce na Haughovy jednotky uvádějí Tůmová *et al.* (2007) nebo Tůmová a Gous (2012b). Z výsledků našeho pokusu je patrné, že systém ustájení nosnic ovlivnil Haughovy jednotky. Vejce snesená na podestýlce vykazovala statisticky průkazně ($P \leq 0,001$) jejich nejvyšší hodnoty (86,2), oproti vejcím sneseným v konvenčních klecích (82,1) a obohacených klecích (81,3). Mezi klecovými systémy nebyl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl hodnot. Naopak Hidalgo *et al.* (2008) zjistili průkazně ($P \leq 0,001$) vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec z klecí (69,2), stáje (67,6) a výběhu (66,2), zatímco vejce z ekologického chovu měla hodnoty nejnižší (61,0). Rovněž Ledvinka *et al.* (2012) zmiňují vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec z klecí (88,6) v porovnání s podestýlkou (86,0). Rozdíly ve výsledcích našeho pokusu a ostatními autory mohou také spočívat v odlišných genotypech nosnic a podmínkách ustájení. Petek *et al.* (2009), Roll *et al.* (2009) a Sekeroglu *et al.* (2010) uvádějí pouze neprůkazné rozdíly v hodnotách Haughových jednotek při ustájení nosnic v různých systémech.

Tabulka 4 také dokumentuje kvalitu žloutku, zahrnující jeho podíl, index a barvu. U hodnot podílu žloutku nebyla v tomto pokusu sledována průkazná interakce doby snesení a systému ustájení nosnic. Naopak Tůmová a Ebeid (2005) zjistili statisticky ($P \leq 0,01$) vyšší hodnoty podílu žloutku (25,80 %) u vajec snesených v 6 h v klecích, ve srovnání se snáškou v 10 a 14 h (25,31 a 25,10 %). Na podestýlce nebyl podíl žloutku dobou snesení průkazně ovlivněn. Doba snesení, jako jediný faktor, signifikantně ovlivnila podíl žloutku. Vejce snesená v 6 h měla průkazně nejnižší ($P \leq 0,001$) podíl žloutku (25,1 %) v porovnání s vejci snesenými v 10 h (25,6 %). Vejce snesená ve 14 h nevykázala signifikantně odlišné hodnoty podílu žloutku (25,5 %) od vajec snesených v 6 a 10 h. Na rozdíl od našeho pokusu Tůmová *et al.* (2007, 2008) ani Tůmová a Gous (2012b) neuvádějí průkazný vliv doby snesení vajec na podíl žloutku. Systém ustájení, jak naznačují výsledky našeho pokusu, neměl na podíl žloutku statisticky významný vliv. V souladu s tím ani van den Brand *et al.* (2004) a Hidalgo *et al.* (2008) nezaznamenali průkazné rozdíly podílu žloutku vajec z různých systémů ustájení. Ale Basmacioglu a Ergul (2005) zjistili prokazatelně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl žloutku u vajec nosnic chovaných v klecích (25,08 %) oproti chovu na podestýlce (24,16 %).

U indexu žloutku (tabulka 4) byla vyhodnocena průkazná interakce ($P \leq 0,022$) doby snesení a systému ustájení. V klecových systémech u vajec snesených ve 14 h byly zaznamenány nižší hodnoty indexu žloutku. Ale Tůmová a Ebeid (2005) ani Tůmová *et al.* (2009) nezjistili průkaznou interakci doby snesení a systému ustájení na index žloutku. V závislosti na době snesení vejce uvádějí naše výsledky pouze nesignifikantní rozdíly u indexu žloutku, stejné neprůkazné rozdíly zjistili i Tůmová *et al.* (2007, 2008). Na druhou stranu systém ustájení index žloutku průkazně ovlivnil. Signifikantně ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty indexu žloutku v tomto pokusu byly sledovány u vajec z podestýlky (49,4 %), v porovnání s vejci z klecových systémů (konvenční klec 47,8 %, obohacená klec 48,0 %). Také Ledvinka *et al.* (2012) zaznamenali vyšší index žloutku u vajec z podestýlky než z klecí, naproti tomu Petek *et al.* (2009) a Sekeroglu *et al.* (2010) nevysledovali průkazné rozdíly hodnot indexu žloutku u vajec z klecí a výběhu.

Tabulka 4: Vliv doby snesení a systému ustájení na vnitřní kvalitu vajec

	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Doba snesení						
6:00	63,2 ^a	9,9 ^a	84,8 ^a	25,1 ^b	48,4	5,3
10:00	62,7 ^b	9,3 ^b	82,8 ^b	25,6 ^a	48,6	5,3
14:00	62,5 ^b	9,4 ^{ab}	82,1 ^b	25,5 ^{ab}	48,1	5,2
Systém ustájení						
Konvenční klec	62,6	9,3 ^b	82,1 ^b	25,6	47,8 ^b	5,2 ^b
Obohacená klec	63,0	9,2 ^b	81,3 ^b	25,2	48,0 ^b	5,3 ^a
Podestýlka	62,7	10,2 ^a	86,2 ^a	25,3	49,4 ^a	5,2 ^b
Průkaznost						
Doba snesení	0,001	0,001	0,001	0,001	NS	NS
Systém ustájení	NS	0,001	0,001	NS	0,001	0,003
Doba snesení * systém ustájení	NS	0,001	0,001	NS	0,022	NS

^{ab} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

Tabulka 5 dokumentuje vnější kvalitu vejce, kvalitu skořápky. Všechny tři uvedené ukazatele, podíl, pevnost i tloušťku skořápky, ovlivnila pouze doba snesení vejce. Průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty (12,0 %) podílu skořápky byly zaznamenány u vajec snesených ve 14 h, nejnižší v 10 h (11,7 %). Rovněž u vajec snesených v 6 a 10 h byl zjištěn statistický rozdíl ($P \leq 0,001$) naměřených hodnot. Tyto výsledky jsou částečně v souladu s údaji Tůmové *et al.* (2007), kteří uvádějí postupné zvyšování podílu skořápky s dobou snesení během dne, nejvyšší podíl skořápky zaznamenali u vajec snesených ve 14 h. Naproti tomu Tůmová *et al.* (2008) ani Tůmová a Gous (2012b) nezjistili průkazný vliv doby snesení vajec na podíl skořápky. Na podíl skořápky v našem pokusu neměl signifikantní vliv systém ustájení nosnic. Stejně tak van den Brand *et al.* (2004) uvádějí pouze neprůkazné rozdíly podílu skořápky vajec z výběhu a klecí. Naopak Basmacioglu a Ergul (2005) zmiňují průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl skořápky u vajec

nosnic chovaných v klecích (9,89 %) oproti chovu na podestýlce (9,94 %). Rovněž Hidalgo *et al.* (2008) zaznamenali signifikantní rozdíly podílu skořápky vajec z rozdílných systémů ustájení, průkazně ($P \leq 0,001$) nejvíce skořápky měla vejce z klecí (11,0 %) a stáje (10,8 %), v porovnání s výběhem (10,2 %) a ekologickým chovem (10,2 %).

Z tabulky 5 je dále patrné, že u pevnosti skořápky nebyla shledána průkazná interakce doby snesení vejce a systému ustájení, na rozdíl od Tůmové *et al.* (2009), kteří tuto interakci uvádějí a popisují, že nejpevnější skořápka byla zjištěna u nosnic ustájených v klecích při sběru vajec ve 14 h, na podestýlce byla ve 14 h naopak skořápka nejméně pevná. Pevnost skořápky v tomto pokusu byla statisticky významně ovlivněna dobou snesení vejce. Signifikantně nejvyšší ($P \leq 0,001$) průměrné hodnoty byly zaznamenány u vajec snesených v 6 h (4728 g.cm^{-2}) v porovnání s vejci snesenými v 10 h (4532 g.cm^{-2}). Vejce snesená ve 14 h nevykazovala statisticky odlišné hodnoty (4590 g.cm^{-2}) od vajec snesených v 6 a 10 h. Rovněž Tůmová *et al.* (2007) a Tůmová a Ledvinka (2009) uvádějí průkazně vyšší pevnost skořápky vajec snesených v ranních hodinách oproti odpolední snášce ve 14 h. Na druhou stranu Tůmová *et al.* (2008) ve své práci nezaznamenali průkazný vliv doby snesení vajec na pevnost skořápky. Systém ustájení v tomto případě neměl signifikantní vliv na pevnost skořápky. Z výsledků však můžeme vyvodit, že vejce s neprůkazně nejvyššími hodnotami pevnosti skořápky byla snesena v konvenčních klecích (4692 g.cm^{-2}), následované vejci z obohacených klecí (4590 g.cm^{-2}) a z podestýlky (4568 g.cm^{-2}). Podobné údaje zmiňují také Lichovníková a Zeman (2008), průkazně ($P \leq 0,01$) pevnější skořápky zjistili u vajec nosnic ustájených v konvenčních klecích (40,05 N) v porovnání s obohacenými klecemi (38,04 N) a podestýlkou (36,43 N). Rovněž Ledvinka *et al.* (2012) uvádějí vyšší pevnost skořápky vajec nosnic ustájených v klecích ve srovnání s podestýlkou. Na rozdíl od našeho pokusu Pištěková *et al.* (2006) ani Petek *et al.* (2009) nevyhodnotili rozdíly v pevnosti skořápky vajec z klecí a alternativních systémů ustájení jako průkazné.

Další důležitý ukazatel kvality skořápky je její tloušťka. U tloušťky skořápky nebyla v našem pokusu zaznamenána statisticky prokazatelná interakce doby snesení a systému ustájení, shodně s tím ji nezjistili Tůmová *et al.* (2009). Signifikantní závislost tloušťky skořápky a doby snesení ukázala, že vejce s nejpevnější skořápkou snesená v 6 h

vykazovala současně statisticky průkazně ($P \leq 0,001$) nejsilnější tloušťku skořápky (0,358 mm) v porovnání s vejci snesenými v 10 a 14 h (0,345 mm a 0,351 mm). Také Tůmová *et al.* (2008) uvádějí stejné výsledky, vejce snesená v 6 h měla průkazně ($P \leq 0,05$) nejsilnější skořápku (0,398 mm), oproti vejcům sneseným v 10 a 14 h (0,392 a 0,390 mm). Podobně Tůmová a Ledvinka (2009) zjistili nejvyšší hodnoty tloušťky skořápky u vajec snesených v 6 h a jejich pokles během dne. V rozporu s tímto jsou výsledky Tůmové *et al.* (2007), kteří zaznamenali nejsilnější skořápku ve 14 h na rozdíl od dříve snesených vajec. Ačkoliv neměl systém ustájení na tloušťku skořápky statisticky průkazný vliv, z našich výsledků je zřejmé, že nejsilnější skořápku měla vejce z podestýlky (0,353 mm), následované vejci z obohacených klecí (0,351 mm) a vejci z konvenčních klecí (0,350 mm). Také van den Brand *et al.* (2004) i Basmacioglu a Ergul (2005) nezjistili signifikantní rozdíly podílu skořápky vajec z klecí a jiných alternativních ustájení nosnic. Naopak Petek *et al.* (2009) zaznamenali větší tloušťku skořápky vajec nosnic chovaných ve výběhu v porovnání s chovem v klecích. Shodně i Ledvinka *et al.* (2012) zmiňují silnější skořápku u vajec z podestýlky než z klecí. Odlišné výsledky uvádějí Lichovnicková a Zeman (2008), a to průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší hodnoty tloušťky skořápky vajec nosnic ustájených v konvenčních a obohacených klecích (0,39 a 0,39 mm) v porovnání s chovem na podestýlce (0,38 mm). Při vyhodnocení kvality skořápky lze uvést souvislost mezi podílem, pevností a tloušťkou skořápky. Nejméně kvalitní skořápka byla shledána u vajec snesených v 10 h (nejnižší hodnoty všech ukazatelů) a vyšší kvalita skořápky byla zaznamenána v 6 h, kdy byla skořápka nejpevnější, nejsilnější, ale neměla nejvyšší podíl skořápky.

Tabulka 5: Vliv doby snesení a systému ustájení na kvalitu skořápky

	Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (g.cm⁻²)	Tloušťka skořápky (mm)
Doba snesení			
6:00	11,8 ^b	4728 ^a	0,358 ^a
10:00	11,7 ^c	4532 ^b	0,345 ^b
14:00	12,0 ^a	4590 ^{ab}	0,351 ^b
Systém ustájení			
Konvenční klec	11,8	4692	0,350
Obohacená klec	11,8	4590	0,351
Podestýlka	11,9	4568	0,353
Průkaznost			
Doba snesení	0,001	0,001	0,001
Systém ustájení	NS	NS	NS
Doba snesení * systém ustájení	NS	NS	NS

^{abc} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

5.2. Pokus 2

Pokus 2 byl zaměřen na zjišťování změn kvality vajec v závislosti na době jejich snesení, genotypu a věku nosnic. Byly použity komerční genotypy nosných hybridů ISA hnědá, Bovans hnědý, Moravia BSL a vejce byla sbírána v pravidelných intervalech od 20. do 56. týdne věku nosnic. Z výsledků uvedených v tabulce 6 vyplývá, že u hmotnosti vajec nebyla zjištěna interakce všech tří sledovaných faktorů. Současně hmotnost vejce nebyla průkazně ovlivněna ani interakcí doby snesení vejce a genotypu nosnic. Naopak Tůmová *et al.* (2007) tuto interakci zaznamenali u genotypu Dominant, průkazně ($P \leq 0,001$) těžší vejce snášely nosnice Plymutky žíhané v 6 h (64,9 g) a nejnižší hmotnost autoři zjistili u vajec Dominanta modrého ve 14 h (59,3 g). Dále je z tabulky 6 patrná signifikantní ($P \leq 0,033$) interakce doby snesení a věku na hmotnost vajec. Starší nosnice (36 – 56 týdnů věku) snášely těžší vejce brzy ráno (v 6 h) v porovnání s nosnicemi ve věku do 24 týdnů a snáškou v 10 a 14 h. Jiné výsledky uvádějí Zakaria *et al.* (2005), kteří vysledovali, že nosnice věku 34 týdnů snášely průkazně těžší vejce mezi 7. – 8. h, zatímco nosnice ve věku 59 týdnů snášely těžší vejce mezi 7. – 12. h,

v porovnání se snáškou od 13. do 17. h u obou věkových kategorií. Naopak Tůmová a Ledvinka (2009) nezaznamenali průkaznou interakci doby snesení a věku nosnic na hmotnost vajec. Hmotnost vejce v našem pokusu byla ovlivněna také interakcí genotypu a věku ($P \leq 0,001$). Těžší vejce snášely nosnice Moravia BSL ve věku 36 – 56 týdnů. Silversides a Scott (2001) dospěli k závěru, že se hmotnost vajec s věkem zvyšuje jak u bělovaječných, tak i hnědovaječných nosnic genotypu ISA, přičemž u ISy hnědé se hmotnost v průběhu pokusu zvýšila o 9,22 g ve srovnání s ISA bílou, kde byl zjištěn rozdíl hmotnosti 7,21 g. Shodně Silversides *et al.* (2006) uvádějí zvyšování hmotnosti vajec s věkem nosnic, u hnědovaječných nosnic ISA hnědá zjistili rozdíl 2,87 g mezi 30. – 70. týdnem věku, u bělovaječných nosnic genotypu Babcock B-300 udávají rozdíl 5,48 g. Největší rozdíl v hmotnosti vajec během pokusu (8,7 g) zjistili autoři u hnědovaječných nosnic Leghorna hnědá. Podobné výsledky s našimi popisují také Zita *et al.* (2009), kteří zaznamenali na začátku pokusu těžší vejce od nosnic Hisexe hnědé a ISy hnědé oproti nosnicím Moravia BSL, ale na konci pokusu nosnice Moravia BSL snášely nejtěžší vejce. Též Ledvinka *et al.* (2012) zjistili průkaznou interakci genotypu a věku nosnic, kdy těžší vejce zmiňují u nosnic Hisexe hnědé a Moravie BSL ve věku 56 – 60 týdnů oproti nosnicím ISy hnědé a věku 20 – 42 týdnů.

Doba snesení, jak uvádí tabulka 6, průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivnila hmotnost vajec. Obdobně jako v pokusu 1 byl zaznamenán pokles hmotnosti vajec v průběhu dne, hmotnost se snížila v průměru o 2,8 g. Nejtěžší vejce byla snesena v 6 h (62,9 g), následovaná vejci snesenými v 10 h (61,5 g) a signifikantně nejlehčí byla vejce sbíraná ve 14 h (60,1 g). Také Tůmová a Ledvinka (2009) uvádějí postupné snižování hmotnosti vajec během snášky v průběhu dne, průkazně ($P \leq 0,001$) těžší vejce byly v 6 h v porovnání s 10 a 14 h. Tůmová a Gous (2012b) rovněž zaznamenali snížení hmotnosti vajec s dobou snesení během dne, v 7:30 byla snesena průkazně ($P \leq 0,001$) nejtěžší vejce (66,5 g), následovaná vejci snesenými v 11:30 a 15:30 (63,7 a 62,8 g). Z literatury je zřejmá velká shoda autorů s našimi výsledky, že nejtěžší vejce bývají snesena ráno (Lee a Choi, 1985; Patterson, 1997; Pavlovski *et al.*, 2000; Aksoy *et al.*, 2001). Na druhou stranu Ayorinde a Olagbuyiro (1991), Yannakopoulos *et al.* (1994) nebo Tůmová *et al.* (2007) nezjistili průkazný vliv doby snesení vajec na jejich hmotnost.

Hmotnost vajec byla dále ovlivněna genotypem nosnic, přičemž průkazně ($P \leq 0,002$) nejtěžší vejce byla snesena nosnicemi Moravia BSL (62,7 g) ve srovnání s genotypy Bovans hnědý (61,3 g) a ISA hnědá (60,6 g). Mezi genotypy ISA hnědá a Bovans hnědý nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl. Také Campo *et al.* (2000) zjistili průkazný vliv genotypu nosnic na hmotnost vajec (58,29 a 52,52 g pro genotypy Menorca a Buff Prat). Rozdíly v hmotnostech vajec hnědovaječných a bělovaječných nosnic se zabývali Scott a Silversides (2000), Basmacioglu a Ergul (2005), Vits *et al.* (2005a) nebo Silversides *et al.* (2006) a shodně zaznamenali průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší hmotnost vajec hnědovaječných nosnic. Rovněž z výsledků Tůmové *et al.* (2007) je zřejmý vysoce signifikantní ($P \leq 0,001$) vliv genotypu na hmotnost vajec, kdy nejtěžší vejce byla u Plymutky žíhané, zatímco nejlehčí byla snesena nosnicemi Dominanta modrého. Také Bozkurt a Tekerli (2009) popisují průkaznou závislost hmotnosti vajec na době jejich snesení ve prospěch hnědovaječných nosnic genotypu ISA hnědá (64,42 g) v porovnání s bělovaječným genotypem Lohman bílý (63,98 g). Ledvinka *et al.* (2012) uvádějí průkazně vyšší ($P \leq 0,001$) hmotnost vajec nosnic Hisexe hnědého a Moravie BSL v porovnání s ISou hnědou. Rozdíly v hmotnosti vajec stejných genotypů nosnic mohou souviset s odlišným systémem ustájení u jednotlivých pokusů.

Rovněž věk nosnic v tomto pokusu ovlivnil hmotnost vajec. Průkazně ($P \leq 0,001$) těžší vejce snášely nosnice ve věku 36 – 44 týdnů (64,0 g) a 50 – 56 týdnů (63,1 g), oproti vejcím snášeným ve 20 – 24 týdnech věku (57,4 g). Obě výše uvedené věkové kategorie mezi 36. – 56. týdnem nevykazovaly vzájemný signifikantní rozdíl. Vyšší hmotnost vajec u starších nosnic také zaznamenali Campo *et al.* (2000), Peebles *et al.* (2000), Silversides a Scott (2001), Petek *et al.* (2009), Singh *et al.* (2009), Tůmová a Ledvinka (2009), Zita *et al.* (2009) nebo Ledvinka *et al.* (2011). Rovněž Ledvinka *et al.* (2012) a Tůmová a Gous (2012a,b) zjistili vyšší hmotnost vajec u nosnic na konci pokusu, ve svých pracích zmiňují rozdíl 10,3 g (resp. 9,9 g) během sledování. Naopak Zemková *et al.* (2007) a Roll *et al.* (2009) neuvádějí průkazný vliv věku nosnic na hmotnost vajec.

U ukazatele barvy skořápky byla zjištěna interakce doby snesení, genotypu a věku ($P \leq 0,015$), průkazně nejtmavší skořápku měla vejce nosnic Bovans hnědý ve věku 20 – 24 týdnů snesená v 6 h. Další interakce byla u doby snesení vejce a věku nosnic

($P \leq 0,004$), nejtmavší skořápka byla u vajec snesených v 6 h ráno u nosnic ve věku 20 – 24 týdnů. V souladu s tím Tůmová a Ledvinka (2009) zaznamenali signifikantní interakci ($P \leq 0,003$) doby snesení vejce a věku nosnic na barvu skořápky, vejce s nejtmavší skořápkou (30,9 %) snesly nosnice ve věku 20 – 24 týdnů v 6 h, naopak nejsvětlejší barvu (42,7 %) měla vejce snesená nosnicemi ve věku 56 – 60 týdnů ve 14 h. Tyto rozdíly ve zbarvení skořápky mohou souviset s množstvím pigmentu a velikostí vejce, kdy u větších vajec je světlejší skořápka. Barva skořápky byla ovlivněna také interakcí genotypu a věku ($P \leq 0,001$), nosnice genotypu Bovans hnědý snášely vejce s tmavší skořápkou ve věku 20 – 24 týdnů. Rovněž Zita *et al.* (2009) zjistili průkaznou ($P \leq 0,001$) interakci genotypu a věku nosnic, u všech sledovaných genotypů (ISA hnědá, Hisex hnědý a Moravia BSL) byla barva skořápky nejtmavší na začátku pokusu (20 – 26 týdnů věku nosnic) a nejsvětlejší ve věku 54 – 60 týdnů věku. Autoři dále uvádějí prokazatelně ($P \leq 0,001$) nejtmavší skořápku nosnic Hisexe hnědého ve 20 – 26 týdnech věku (29,30 %) a nejsvětlejší u vajec Moravie BSL ve věku 54 – 60 týdnů (48,49 %).

Průkazná ($P \leq 0,002$) závislost barvy skořápky na době snesení vejce ukázala, že nejsvětlejší skořápku měla vejce snesená v 10 h (36,0 %), v porovnání s tím měla vejce snesená v 6 h průkazně tmavší skořápku (34,5 %). Hodnoty barvy skořápky vajec snesených ve 14 h (35,5 %) nebyly statisticky rozdílné od vajec snesených v 6 a 10 h. Tyto výsledky jsou v souladu s pokusem 1 a prací Tůmové a Ledvinky (2009), kteří shodně zjistili, že nejtmavší skořápku měla vejce snesená v 6 h (33,3 %) a ve 14 h byla vejce nejsvětlejší (40,2 %).

V našem pokusu hodnoty barvy skořápky vykazovaly statisticky průkazné ($P \leq 0,001$) rozdíly mezi všemi sledovanými genotypy. Výrazně nejsvětlejší barvu měla vejce nosnic Moravia BSL (41,5 %), vejce nosnic ISA hnědá měla barvu skořápky tmavší (32,9 %) a u vajec nosnic Bovans hnědý byla vyhodnocena barva skořápky jako nejtmavší (31,7 %). Výsledky jsou v souladu s prací Zity *et al.* (2009), kteří zjistili signifikantní ($P \leq 0,001$) vliv genotypu nosnic na barvu skořápky, nejsvětlejší skořápku uvádějí rovněž u nosnic Moravia BSL oproti genotypům ISA hnědá a Hisex hnědý. Shodně i Ledvinka *et al.* (2012) zaznamenali průkazně tmavší barvu skořápky nosnic Hisex hnědý (29,9 %) v porovnání s vejci nosnic Moravia BSL (46,4 %).

Barva skořápky v našem pokusu nebyla průkazně ovlivněna věkem nosnic. Na druhou stranu z práce Tůmové a Ledvinky (2009) je tento vliv patrný jako průkazný ($P \leq 0,004$), vejce nosnic ve věku 20 – 24 týdnů byla tmavší (35,9 %) než vejce nosnic ve věku 38 – 42 týdnů (36,3 %) a věku 56 – 60 týdnů (38,0 %). V souladu s touto prací také Odabasi *et al.* (2007), Zita *et al.* (2009) a Ledvinka *et al.* (2011 a 2012) zjistili statisticky prokazatelný ($P \leq 0,001$) vliv věku nosnic na barvu skořápky, s postupujícím věkem nosnic byla barva skořápky světlejší. Odlišné údaje uvádí Krawczyková (2009a), která zaznamenala průkazně ($P \leq 0,01$) světlejší barvu skořápky nosnic Polská zelenonožka ve věku 32 týdnů než ve věku 56 týdnů. Naopak Roll *et al.* (2009) uvádějí pouze neprůkazný vliv věku na barvu skořápky.

Tabulka 6: Vliv doby snesení, genotypu a věku nosnic na kvalitu vajec

	Hmotnost vejce (g)	Index vejce (%)	Barva skořápky (%)
Doba snesení			
6:00	62,9 ^a	76,9	34,5 ^b
10:00	61,5 ^b	77,0	36,0 ^a
14:00	60,1 ^c	76,3	35,5 ^{ab}
Genotyp			
ISA hnědá	60,6 ^b	77,0 ^a	32,9 ^b
Bovans hnědý	61,3 ^b	77,1 ^a	31,7 ^c
Moravia BSL	62,7 ^a	76,2 ^b	41,5 ^a
Věk			
20 - 24 týdnů	57,4 ^b	77,5 ^a	34,6
36 - 44 týdnů	64,0 ^a	76,4 ^b	35,9
50 - 56 týdnů	63,1 ^a	76,3 ^b	35,5
Průkaznost			
Doba snesení	0,001	NS	0,002
Genotyp	0,002	0,001	0,001
Věk	0,001	0,001	NS
Doba snesení * genotyp	NS	NS	NS
Doba snesení * věk	0,033	NS	0,004
Genotyp * věk	0,001	NS	0,001
Doba snesení * genotyp * věk	NS	NS	0,015

^{abc} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

Z tabulky 7 je patrné, že interakce sledovaných faktorů průkazně neovlivnily jednotlivé ukazatele kvality bílku a žloutku, kromě indexu bílku. Z jednotlivých faktorů také u doby snesení vejce nebyl zjištěn signifikantní vliv na ukazatele vnitřní kvality vajec.

Genotyp námi sledovaných nosnic měl signifikantní vliv na podíl bílku. Statisticky ($P \leq 0,002$) vyšší hodnoty podílu byly zjištěny u vajec nosnic ISA hnědá (63,0 %) a Bovans hnědý (63,3 %) oproti vejcům nosnic Moravia BSL (62,4 %). Hodnoty podílu bílku mezi vejci nosnic ISA hnědá a Bovans hnědý nebyly statisticky odlišné. Průkazné ($P \leq 0,01$) rozdíly v podílu bílku uvádějí též Scott a Silversides (2000), kteří

zjistili vyšší podíl bílku u nosnic genotypu ISA hnědá (65,34 %) v porovnání s ISA bílá (63,99 %). Stejně tak Basmacioglu a Ergul (2005) zaznamenali vyšší ($P \leq 0,01$) podíl bílku u vajec hnědovaječných nosnic (65,94 %) oproti bělovaječným nosnicím (65,04 %). Naopak Tůmová *et al.* (2007) neshledali průkazný vliv genotypu nosnic Dominant na podíl bílku. Zita *et al.* (2009) však na druhou stranu uvádějí podobné výsledky jako v tomto pokusu, zjistili prokazatelně ($P \leq 0,001$) nejvyšší podíl bílku u nosnic Hisexe hnědého v porovnání s ISA hnědou a Moravií BSL.

Podíl bílku byl průkazně ($P \leq 0,001$) závislý také na věku nosnic, nejvyšší hodnoty byly u vajec nosnic ve věku 20 – 24 týdnů (64,8 %) ve srovnání s vejci nosnic ve věku 36 – 44 týdnů (62,1 %) a 50 – 56 týdnů (61,7 %). V souladu s těmito údaji van den Brand *et al.* (2004), Rizzi a Chiericato (2005) a Zita *et al.* (2009) uvádějí snižování podílu bílku s věkem nosnic. Naopak Tůmová a Gous (2012a,b) neshledali průkazné rozdíly podílu bílku ovlivněné věkem. Nižší podíl bílku v závislosti na věku může souviset s podílem žloutku, který se s věkem zvyšuje rychleji než bílek.

Prokazatelný ($P \leq 0,001$) vliv na Haughovy jednotky měl v tomto pokusu genotyp nosnic, vyšší hodnoty byly zaznamenány u vajec nosnic Bovans hnědý (87,3) a Moravia BSL (86,0) oproti vejcím nosnic ISA hnědá (81,9). Rozdíly v Haughových jednotkách mezi vejci nosnic Bovans hnědý a Moravia BSL nebyly signifikantní. Tyto výsledky jsou v souladu s prací Vitse *et al.* (2005a), kteří uvádějí průkazný vliv genotypu na Haughovy jednotky, vyšší hodnoty byly naměřeny ve vejcích bělovaječných nosnic Lohmann SL (84,3) v porovnání s hnědovaječnými Lohmann hnědými (78,8). Tůmová *et al.* (2007) zaznamenali vyšší hodnoty Haughových jednotek u genotypu Dominant modrý (85,0) ve srovnání s Plymutkou žíhanou (83,0) a jejich F1 kříženci (82,9). Také Bozkurt a Tekerli (2009) zjistili signifikantní závislost Haughových jednotek na genotypu nosnic ve prospěch nosnic Lohmanna bílého (85,92) v porovnání s nosnicemi ISA hnědá (79,72). Zita *et al.* (2009) nebo Ledvinka *et al.* (2012) udávají podobné výsledky jako v našem pokusu a zmiňují vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec nosnic Hisex hnědý na rozdíl od Moravia BSL a ISA hnědá.

Také věk průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivnil Haughovy jednotky. Statisticky nejvyšší hodnoty byly zjištěny u vajec nosnic ve 20 – 24 týdnech (98,3) a nejnižší ve 36 – 44 týdnech (76,6). Shodně s tím průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší hodnoty Haughových jednotek

u nosnic na začátku snášky v porovnání s dalšími věkovými kategoriemi uvádějí Lacin *et al.* (2008). Také Ledvinka *et al.* (2012) zaznamenali snižování Haughových jednotek s věkem, hodnoty se průkazně nelišily mezi 20. – 42. týdnem věku, kdy byly nejvyšší a poté se snížily v průměru o 2,55 jednotek na hodnotu 85,9. V souladu s našimi výsledky jsou i údaje Tůmové a Gouse (2012a,b), kteří uvádějí signifikantní rozdíly Haughových jednotek na začátku a konci pokusu. Na druhou stranu Akyurek a Okur (2009) ani Roll *et al.* (2009) nezaznamenali průkazný vliv věku na Haughovy jednotky.

Podíl žloutku byl signifikantně ($P \leq 0,001$) ovlivněn genotypem nosnic. Průkazně vyšší hodnoty podílu žloutku byly zjištěny u vajec nosnic Moravia BSL (26,2 %) oproti vejcím nosnic ISA hnědá (25,0 %) a Bovans hnědý (24,5 %). Vyšší hodnoty podílu žloutku jsou zřejmě vlastností nosnic Moravia BSL, protože tento genotyp snášel těžší vejce, ale obecně u větších vajec je vyšší podíl bílku. Rozdíly v podílech žloutku v závislosti na genotypu uvádějí též Scott a Silversides (2000), kteří zaznamenali průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl žloutku u nosnic ISA bílá (25,65 %) v porovnání s ISA hnědou (24,17 %). Ke stejnému závěru dospěli také Basmacioglu a Ergul (2005). Rovněž Zita *et al.* (2009) zjistili průkazně ($P \leq 0,001$) vyšší podíl žloutku u vajec nosnic Moravia BSL na rozdíl od Hisexe hnědé a ISy hnědé.

Ve vztahu k věku byl zjištěn signifikantně ($P \leq 0,001$) nejvyšší podíl žloutku u vajec nosnic v 50 – 56 týdnech věku (26,4 %). Naše výsledky jsou v souladu s údaji van den Branda *et al.* (2004), Rizziho a Chiericata (2005) a Zity *et al.* (2009), kteří rovněž zjistili signifikantní ($P \leq 0,001$) zvyšování podílu žloutku s věkem nosnic. Naopak z práce Tůmové a Gouse (2012a,b) není zřejmý průkazný vliv věku na podíl žloutku. Vliv věku na podíl žloutku pravděpodobně souvisí s pozitivní korelací mezi věkem a tímto ukazatelem. Tůmová a Ledvinka (2009) uvádějí, že hmotnost žloutku se s věkem nosnic zvýšila o 40 %, zatímco bílku pouze o 11 %.

Při hodnocení genotypů byly zjištěny statisticky ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty indexu žloutku u vajec nosnic Moravia BSL (49,4 %) oproti vejcím nosnic Bovans hnědému (48,2 %) a ISA hnědé (47,7 %). Tůmová *et al.* (2007) zaznamenali signifikantně ($P \leq 0,001$) vyšší hodnoty indexu žloutku u nosnic genotypu F1 kříženců (45,1 %) v porovnání s Dominantem modrým (42,7 %) a Plymutkou žíhanou (44,6 %). Bozkurt a Tekerli (2009) shledali vyšší index žloutku u hnědovaječných nosnic oproti

bělovaječným. Rovněž Zita *et al.* (2009) nebo Ledvinka *et al.* (2012) zaznamenali průkazný ($P \leq 0,001$) vliv genotypu nosnic na index žloutku.

Také věk nosnic průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivnil index žloutku, vyšší hodnoty byly zjištěny u vajec nosnic ve věku 36 – 44 týdnů (49,3 %) a 20 – 24 týdnů (49,0 %) v porovnání s vejci nosnic ve věku 50 – 56 týdnů (47,0 %). S našimi výsledky jsou v souladu údaje Lacina *et al.* (2008), Bozkurta a Tekerliho (2009), Zity *et al.* (2009) nebo Ledvinky *et al.* (2012), kteří shodně zaznamenali prokazatelně vyšší hodnoty indexu žloutku u nosnic na začátku pokusu. Naproti tomu Petek *et al.* (2009) neprokázal signifikantní rozdíly u indexu žloutku ve vztahu k věku.

Tabulka 7: Vliv doby snesení, genotypu a věku nosnic na vnitřní kvalitu vajec

	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Doba snesení						
6:00	62,8	10,0	84,9	25,3	48,5	5,3
10:00	63,0	10,3	86,1	25,3	48,7	5,3
14:00	62,8	9,9	84,2	25,1	48,2	5,2
Genotyp						
ISA hnědá	63,0 ^a	9,1 ^b	81,9 ^b	25,0 ^b	47,7 ^b	5,3
Bovans hnědý	63,3 ^a	10,7 ^a	87,3 ^a	24,5 ^b	48,2 ^b	5,2
Moravia BSL	62,4 ^b	10,4 ^a	86,0 ^a	26,2 ^a	49,4 ^a	5,3
Věk						
20 - 24 týdnů	64,8 ^a	13,6 ^a	98,3 ^a	23,1 ^b	49,0 ^a	5,4 ^a
36 - 44 týdnů	62,1 ^b	7,9 ^c	76,6 ^c	26,2 ^a	49,3 ^a	5,1 ^b
50 - 56 týdnů	61,7 ^b	8,7 ^b	80,2 ^b	26,4 ^a	47,0 ^b	5,3 ^a
Průkaznost						
Doba snesení	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Genotyp	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	NS
Věk	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Doba snesení * genotyp	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Doba snesení * věk	NS	0,027	NS	NS	NS	NS
Genotyp * věk	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Doba snesení * genotyp * věk	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{abc} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

V tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty ukazatelů kvality skořápky a u všech byly zjištěny interakce sledovaných faktorů. U podílu skořápky se signifikantní interakce ($P \leq 0,013$) projevila nejvyššími hodnotami u vajec snesených odpoledne nosnicemi Bovans hnědý na začátku snášky. Kromě této interakce byl podíl skořápky ovlivněn i interakcí doby snesení a věku ($P \leq 0,001$), nejvyšší hodnoty byly zjištěny u vajec snesených ve 14 h od nosnic ve věku 20 – 24 týdnů. Dále byla zaznamenána i interakce genotypu a věku ($P \leq 0,012$), kdy vyšší hodnoty podílu skořápky měla vejce nosnic Bovans hnědý na začátku a na konci pokusu. Jiné genotypy použili Silversides a Scott (2001) a uvádějí podobné výsledky. Také Zita *et al.* (2009) zjistili průkaznou ($P \leq 0,001$) interakci genotypu a věku nosnic, s věkem se podíl skořápky u Moravia BSL snižoval, ale u nosnic ISA hnědá a Hisex hnědý se podíl skořápky snižoval jen do věku 42 týdnů a pak se ve věku 54 – 60 týdnů zvýšil.

Doba snesení průkazně ($P \leq 0,002$) ovlivnila podíl skořápky, vyšší hodnoty byly u vajec snesených ve 14 h (12,1 %), což koresponduje s výsledky pokusu 1 a prací Tůmové *et al.* (2007). V jiných pracích Tůmové *et al.* (2008) a Tůmové a Gouse (2012b) se uvádí, že podíl skořápky nebyl dobou snesení vejce průkazně ovlivněn.

Podíl skořápky byl v tomto pokusu ovlivněn také genotypem nosnic. Statisticky ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u vajec Bovanse hnědého (12,2 %) v porovnání s vejci nosnic Moravia BSL (11,5 %). Podobné údaje uvádějí Zita *et al.* (2009), kteří zjistili průkazně ($P \leq 0,001$) vyšší hodnoty také u nosnic ISA hnědá oproti Hisexu hnědému a Moravii BSL. Na druhou stranu Basmacioglu a Ergul (2005) nezaznamenali statisticky významné rozdíly podílu skořápky vajec hnědovaječných a bělovaječných nosnic.

Ve vztahu k průkaznému ($P \leq 0,002$) vlivu věku, byly podle očekávání nejvyšší hodnoty zjištěny u vajec nosnic ve věku 20 – 24 týdnů (12,1 %). Naopak van den Brand *et al.* (2004) ani Tůmová a Gous (2012a,b) nezjistili rozdíly podílů skořápky vajec nosnic různého věku.

U pevnosti skořápky (tabulka 8), jako nejdůležitějšího ukazatele kvality vaječné skořápky, je patrná průkazná interakce ($P \leq 0,033$) doby snesení, genotypu a věku nosnic, nejpevnější skořápku měla vejce nosnic Bovans hnědý snesená v 6 h ve věku 20 – 24

týdnů. V pokusu nebyly shledány další průkazné interakce, což je v souladu s pracemi Tůmové *et al.* (2007), Tůmové a Ledvinky (2009) nebo Ledvinky *et al.* (2012).

Pevnost skořápky v tomto pokusu nebyla průkazně ovlivněna dobou snesení vejce, nevýznamně nejvyšší pevnost byla u vajec snesených v 6 h. Také v pokusu 1 byla vyšší pevnost u vajec snesených ráno, ale rozdíly byly průkazné. Rovněž Tůmová *et al.* (2007) a Tůmová a Ledvinka (2009) uvádějí průkazně vyšší pevnost u vajec snesených v 6 h.

Ve vztahu ke genotypu nosnic byly statisticky ($P \leq 0,001$) vyšší hodnoty zjištěny u vajec nosnic Bovans hnědý (4764 g.cm^{-2}) a ISA hnědá (4692 g.cm^{-2}) oproti vejcím nosnic Moravia BSL (4456 g.cm^{-2}). Basmacioglu a Ergul (2005) zaznamenali, že průkazně ($P \leq 0,01$) pevnější skořápky snášely nosnice hnědovaječné ($3,30 \text{ kg/cm}^2$) v porovnání s bělovaječnými ($3,22 \text{ kg/cm}^2$). Ale Vits *et al.* (2005a) neuvádějí signifikantní rozdíl v pevnosti skořápky bělovaječných a hnědovaječných genotypů nosnic. Také Tůmová *et al.* (2007) nezjistili průkazný vliv genotypu u nosnic Dominant na pevnost skořápky, na rozdíl od Zity *et al.* (2009) a Ledvinky *et al.* (2012), kteří shodně zaznamenali průkazně vyšší pevnost skořápek vajec nosnic Hisex hnědý a ISA hnědá, zatímco nosnice Moravia BSL měly pevnost skořápek nejnižší.

Rovněž věk na vysoké statistické úrovni ($P \leq 0,001$) ovlivnil pevnost skořápky, nejvyšší hodnoty jsou uvedené u vajec nosnic ve věku 20 – 24 týdnů (4875 g.cm^{-2}). Výsledky jsou v souladu s Lacinem *et al.* (2008), Tůmovou a Ledvinkou (2009) a Ledvinkou *et al.* (2011), kteří zaznamenali postupné snižování pevnosti skořápky s věkem. Naopak Petek *et al.* (2009) zmiňují průkazně nejpevnější skořápku od nosnic ve věku 32 týdnů a nejméně pevnou ve 28 týdnech věku. V rozporu s našimi výsledky jsou také údaje Zity *et al.* (2009), kteří uvádějí signifikantně pevnější skořápku u nosnic ve věku 36 – 42 týdnů v porovnání s věkem 20 – 26 a 54 – 60 týdnů. Na druhou stranu Krawczykova (2009a) nezaznamenala průkazný vliv věku na pevnost skořápky. Rozdíly v pevnosti skořápky uváděné v literatuře v závislosti na věku mohou souviset s odlišnými genotypy v pokusech či rozdílnou výživou nosnic, zejména v příjmu vápníku.

Podobně jako u podílu a pevnosti skořápky byla u tloušťky zaznamenána průkazná interakce ($P \leq 0,002$) všech sledovaných ukazatelů. Nejsilnější skořápku měla vejce nosnic Bovans hnědý ve věku 20 – 44 týdnů snesená ve 14 h.

Doba snesení vejce v tomto pokusu ovlivnila tloušťku skořápky, s průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyššími hodnotami u vajec snesených ve 14 h (0,356 mm) a u vajec v 6 h (0,354 mm), oproti 10 h (0,343 mm). V rozporu s tím jsme v pokusu 1 sledali postupné snižování tloušťky během dne. Podobné výsledky jako v tomto pokusu uvádějí také Tůmová *et al.* (2007), kteří zaznamenali průkazně vyšší ($P \leq 0,05$) hodnoty tloušťky skořápky u vajec snesených ve 14 h (0,363 mm) v porovnání s vejci snesenými v 6 h (0,350) a 10 h (0,343). Naopak Tůmová *et al.* (2008) nebo Tůmová a Ledvinka (2009) zjistili signifikantně silnější skořápku vajec snesených v 6 h s postupným snižováním hodnot během denní snášky. Také v tomto případě rozdílů tloušťky skořápky může mít vliv použitý genotyp v pokusech nebo další podmínky, což naznačují interakce.

Ve vztahu ke genotypu měly nejsilnější skořápku ($P \leq 0,001$) nosnice Bovans hnědý a nejtenčí skořápku vejce nosnic Moravia BSL (0,334 mm). Na druhou stranu Basmacioglu a Ergul (2005) ve své práci uvádějí pouze neprůkazné rozdíly v tloušťce skořápky vajec hnědovaječných a bělovaječných nosnic. Naopak Vits *et al.* (2005a), Tůmová *et al.* (2007) nebo Bozkurt a Tekerli (2009) popisují rozdíly ($P \leq 0,001$) mezi genotypy ve vztahu k tloušťce skořápky. Podobné údaje jako v tomto pokusu zjistili také Zita *et al.* (2009) a Ledvinka *et al.* (2012), kteří souhlasně uvádějí vyšší hodnoty tloušťky skořápky u nosnic ISA hnědá oproti Hisex hnědý a Moravia BSL.

Tloušťka skořápky se průkazně ($P \leq 0,005$) snižovala s věkem nosnic. Nejvyšší hodnoty (0,355 a 0,354 mm) byly stanoveny v 1. polovině snášky. V souladu s našimi výsledky je Lacin *et al.* (2008), Bozkurt a Tekerli (2009) a Petek *et al.* (2009), kteří zaznamenali zmenšení tloušťky skořápky s věkem nosnic. Na druhou stranu van den Brand *et al.* (2004) nebo Akyurek a Okur (2009) nezjistili rozdílné hodnoty tloušťky skořápek vajec nosnic různého věku. Tyto odlišné výsledky mohou spočívat v různorodé výživě nosnic a distribuci vápníku během pokusu. Z ukazatelů kvality skořápky je patrné, že jednotlivé ukazatele spolu korespondovaly. Signifikantní interakce všech sledovaných ukazatelů současně naznačuje, že kvalita skořápky je ovlivňovaná více faktory, které na sebe navzájem působí. Proto je nezbytné pro zachování vysoké kvality skořápky různé faktory posuzovat navzájem.

Tabulka 8: Vliv doby snesení, genotypu a věku nosnic na kvalitu skořápky

	Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (g.cm ⁻²)	Tloušťka skořápky (mm)
Doba snesení			
6:00	11,9 ^b	4657	0,354 ^a
10:00	11,7 ^c	4601	0,343 ^b
14:00	12,1 ^a	4653	0,356 ^a
Genotyp			
ISA hnědá	12,0 ^a	4692 ^a	0,355 ^b
Bovans hnědý	12,2 ^a	4764 ^a	0,364 ^a
Moravia BSL	11,5 ^b	4456 ^b	0,334 ^c
Věk			
20 - 24 týdnů	12,1 ^a	4875 ^a	0,355 ^a
36 - 44 týdnů	11,7 ^b	4518 ^b	0,354 ^a
50 - 56 týdnů	11,9 ^a	4519 ^b	0,345 ^b
Průkaznost			
Doba snesení	0,002	NS	0,001
Genotyp	0,001	0,001	0,001
Věk	0,002	0,001	0,005
Doba snesení * genotyp	NS	NS	NS
Doba snesení * věk	0,001	NS	NS
Genotyp * věk	0,012	NS	NS
Doba snesení * genotyp * věk	0,013	0,033	0,002

^{abc} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

5.3. Pokus 3

V pokusu 3 byla hodnocena kvalita vajec ve vztahu k době snesení vejce, genotypu, systému ustájení nosnic a vzájemným interakcím. V pokusu byly použity kontrastní genotypy, Lohmann LSL a čistokrevné plemeno Česká slepice, které je zařazeno v ČR do genových zdrojů. Oba genotypy byly ustájeny v klecích a na podestýlce. Výsledky hmotnosti vajec, indexu vajec a barvy skořápky, jsou uvedeny v tabulce 9.

Ze sledování vyplývá, že hmotnost vejce byla ovlivněna interakcí doby snesení, genotypu a systému ustájení, prokazatelně nejtěžší ($P \leq 0,006$) vejce byla snesena v 10 h nosnicemi Lohmann LSL ustájenými v klecích. Rovněž Tůmová *et al.* (2009) zjistili průkaznou interakci doby snesení vejce, genotypu a systému ustájení nosnic. Hmotnost vejce v tomto pokusu byla ovlivněna též interakcí doby snesení a genotypu, průkazně těžší ($P \leq 0,001$) vejce snášely v 10 h nosnice Lohmann LSL. Naopak v pokusu 2 byla tato interakce zjištěna jako neprůkazná. Také Tůmová *et al.* (2009) zaznamenali signifikantní ($P \leq 0,002$) rozdíly v hmotnosti vajec v závislosti na interakci doby snesení a genotypu. Shodně se Singhem *et al.* (2009) nebyla v tomto pokusu zaznamenána interakce genotypu a systému ustájení, na rozdíl od prací Sekeroglu *et al.* (2008), Tůmové *et al.* (2009) nebo Ledvinky *et al.* (2012), kteří naopak uvádějí tuto interakci jako průkaznou ($P \leq 0,05$). Takto rozdílné výsledky interakcí v literatuře pravděpodobně souvisejí s odlišnými genotypy a různými systémy ustájení.

Doba snesení průkazně ($P \leq 0,028$) ovlivnila hmotnost vajec, na rozdíl od pokusu 1 a 2 byla v tomto pokusu zaznamenána jejich vyšší hmotnost v 10 h (56,4 g) oproti vejcím sebraným v 6 h (54,5 g) a 14 h (55,5 g). V rozporu s těmito výsledky je většina autorů, kteří uvádějí vyšší hmotnost vajec snesených ráno (Washburn a Potts, 1975; Halaj a Szoby, 1977; Choi *et al.*, 1981; Arafa *et al.*, 1982; Lee a Choi, 1985; Harms, 1991; Novo *et al.*, 1997; Patterson, 1997; Pavlovski *et al.*, 2000; Aksoy *et al.*, 2001). Také údaje Tůmové a Ledvinky (2009) nebo Tůmové a Gouse (2012b) nekorrespondují s těmito výsledky a poukazují na postupné snižování hmotnosti vajec během snášky v průběhu dne. Naopak z výsledků Ayorindeho a Olagbuyira (1991), Yannakopoulose *et al.* (1994) nebo Tůmové *et al.* (2007) vyplývají pouze neprůkazné rozdíly v hmotnosti vajec ve vztahu k době snesení vejce. Z těchto údajů je zřejmé, že v tomto pokusu výsledky ovlivnilo použití čistokrevného plemene, které má pravděpodobně i jiný rytmus snášky než užitkoví hybridí, což může mít vliv na dobu snesení vejce.

Podle tabulky 9, která hodnotí také vliv genotypu nosnic, byla průkazně ($P \leq 0,001$) těžší vejce snesena nosnicemi Lohmann LSL (60,7 g) v porovnání s nosnicemi České slepice (50,2 g), přestože oba genotypy patří mezi bělovaječné nosnice. V literatuře se však většinou uvádějí rozdíly mezi bělovaječnými a hnědovaječnými nosnicemi (Abrahamsson a Tauson, 1998; Scott a Silversides, 2000; Basmacioglu

a Ergul, 2005; Tůmová *et al.*, 2007; Zita *et al.*, 2009; Ledvinka *et al.*, 2012). V souladu s našimi výsledky Suk a Park (2001), Hocking *et al.* (2003) nebo Rizzi a Chiericato (2005) uvádějí průkazně vyšší hmotnost vajec komerčních hybridů oproti původním plemenům nosnic. Rozdíly v hmotnosti vejce mezi hybridními a čistokrevnými nosnicemi jsou dány větší prošlechtěností komerčních hybridů.

Z tabulky 9 je dále patrná průkazná závislost ($P \leq 0,027$) hmotnosti vajec na systému ustájení, těžší vejce snášely nosnice v konvenčních klecích (56,1 g) oproti vejcím z podestýlky (54,8 g). V pokusu 1 byla též zjištěna těžší vejce z klecí. V souladu s našimi výsledky Mohan *et al.* (1991), Leyendecker *et al.* (2001b) a Petek *et al.* (2009) zaznamenali vyšší hmotnost vajec nosnic chovaných v klecových systémech než v alternativních. K opačným výsledkům došli Tůmová a Ebeid (2005), Pištěková *et al.* (2006), Lichovníková a Zeman (2008) nebo Singh *et al.* (2009), kteří zjistili průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší hmotnosti vajec nosnic ustájených na podestýlce oproti klecím. Na druhou stranu mnoho autorů neprokázalo ovlivnění hmotnosti vajec systémem ustájení nosnic (Guesdon a Faure, 2004; van den Brand *et al.*, 2004; Basmacioglu a Ergul, 2005; Thomas a Ravindran, 2005; Zemková *et al.*, 2007; Sekeroglu *et al.*, 2010; Ledvinka *et al.*, 2012). Krawczyková (2009b) uvádí vyšší hmotnost vajec v ekologickém chovu nosnic v porovnání s chovem intenzivním a malochovem. Z těchto výsledků a literatury je patrná velká variabilita v hmotnosti vajec v závislosti na různých faktorech, včetně systému ustájení.

Rozdíly v barvě skořápky se u sledovaných bělovaječných genotypů projevily u všech zmiňovaných faktorů včetně interakcí, u trojnásobné interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení měla nejsvětlejší skořápku ($P \leq 0,001$) vejce nosnic Lohmann LSL snesená v 10 h v klecích. Naopak Tůmová *et al.* (2009) nezaznamenali průkazný vliv interakce doby snesení vejce, genotypu a systému ustájení na barvu skořápky u hnědovaječných nosnic. Průkazná ($P \leq 0,001$) interakce doby snesení a genotypu nosnic se projevila nejvyššími hodnotami a světlejší barvou u vajec snesených v 10 h nosnicemi Lohmann LSL. U hnědovaječných hybridů v pokusu 2 byla tato interakce vyhodnocena jako neprůkazná. U barvy skořápky byla zaznamenána signifikantní interakce doby snesení a systému ustájení, světlejší vejce byla sbírána v 10 h v klecích. Naopak v pokusu 1 u hnědovaječných nosnic byla zjištěna nejsvětlejší skořápka v 10 h na podestýlce.

Dále byla průkazná ($P \leq 0,001$) interakce genotypu a systému ustájení, světleji zbarvená skořápka byla sledována u vajec nosnic Lohmann LSL při ustájení v klecích. U jiných genotypů Ledvinka *et al.* (2012) zjistili tmavší skořápku vajec nosnic Hisexe hnědého na podestýlce a světlejší barvu u Moravia BSL ustájených v klecích. Výše zmíněné interakce ve vztahu k barvě skořápky mohou být ovlivněny i hmotností vejce, protože Odabasi *et al.* (2007) uvádějí světlejší skořápku u těžších vajec.

Průkazná ($P \leq 0,001$) závislost barvy skořápky a doby snesení v tomto pokusu ukázala, že nejsvětlejší skořápku měla vejce snesená v 10 h (70,2 %), v porovnání s tím měla tmavší skořápku vejce snesená ve 14 h (66,2 %) a v 6 h (65,7 %). Tyto výsledky podporují výše uvedenou hypotézu vztahu hmotnosti vejce a barvy skořápky, protože v 10 h byla snesena i nejtěžší vejce. Podobné výsledky byly zjištěny v pokusech 1 a 2 a také Tůmová a Ledvinka (2009) shledali nejtímavší skořápku u vajec snesených v 6 h (33,3 %) a ve 14 h nejsvětlejší (40,2 %). Naopak z pokusu Tůmové *et al.* (2009) není zřejmý průkazný vliv doby snesení vejce na barvu skořápky.

Hodnoty barvy skořápky vykazovaly statisticky průkazné ($P \leq 0,001$) rozdíly mezi oběma sledovanými genotypy. Výrazně světlejší barvu skořápky měla vejce nosnic Lohmann LSL (74,7 %), v porovnání se světle krémovou skořápkou vajec České slepice (60,0 %). Naopak v práci Hockinga *et al.* (2003) nebyly rozdílné barvy skořápek u hybridů a plemen nosnic, stejně jako u Tůmové *et al.* (2009) u hnědovaječných genotypů nosnic, kde byl vliv rovněž neprůkazný. Na druhou stranu Zita *et al.* (2009) a Ledvinka *et al.* (2012) zjistili průkazný ($P \leq 0,001$) vliv genotypu u hnědovaječných nosnic na barvu skořápky, nejsvětlejší skořápku uvádějí u nosnic Moravia BSL. Světlejší skořápka nosnic Moravia BSL v porovnání s ostatními genotypy byla shledána shodně v pokusu 2.

Ve vztahu k systému ustájení byla zaznamenána průkazně ($P \leq 0,001$) světlejší skořápka u vajec nosnic chovaných v konvenčních klecích (68,5 %) na rozdíl od vajec snesených na podestýlce (66,2 %) a lze opět uvést spíše vztah hmotnosti vejce a barvy skořápky. V nesouladu s těmito údaji jsou výsledky pokusu 1 s hnědovaječnými nosnicemi, kde byla shledána světlejší skořápka vajec z podestýlky. Na druhou stranu Tůmová *et al.* (2009) nezaznamenali průkazný vliv systému ustájení na barvu skořápky u hnědovaječných nosnic. Shodně s výsledky tohoto pokusu však Ledvinka *et al.* (2012)

zjistili průkazně ($P \leq 0,001$) světlejší barvu skořápky vajec z klecí (36,2 %) než z podestýlky (35,1 %).

Tabulka 9: Vliv doby snesení, genotypu a systému ustájení na kvalitu vajec

	Hmotnost vejce (g)	Index vejce (%)	Barva skořápky (%)
Doba snesení			
6:00	54,5 ^b	75,3	65,7 ^b
10:00	56,4 ^a	75,6	70,2 ^a
14:00	55,5 ^a	75,4	66,2 ^b
Genotyp			
Lohmann LSL	60,7 ^a	75,0 ^b	74,7 ^a
Česká slepice	50,2 ^b	75,9 ^a	60,0 ^b
Systém ustájení			
Konvenční klec	56,1 ^a	75,6	68,5 ^a
Podestýlka	54,8 ^b	75,3	66,2 ^b
Průkaznost			
Doba snesení	0,028	NS	0,001
Genotyp	0,001	0,001	0,001
Systém ustájení	0,027	NS	0,001
Doba snesení * genotyp	0,001	NS	0,001
Doba snesení * systém ustájení	NS	NS	0,001
Genotyp * systém ustájení	NS	NS	0,001
Doba snesení * genotyp * systém ustájení	0,006	NS	0,001

^{ab} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

S hmotností vejce souvisejí podíly jednotlivých částí vejce. Z tabulky 10 je patrné, že u podílu bílku byla zjištěna interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení, průkazně vyšší ($P \leq 0,030$) podíl měla vejce snesená v 10 h nosnicemi Lohmann LSL při ustájení v klecích. Ve vztahu k době snesení vejce byly shledány nejnižší hodnoty ($P \leq 0,001$) podílu bílku u vajec snesených v 6 h (59,0 %). Naopak v pokusu 1 v 6 h byl zjištěn nejvyšší podíl bílku, na rozdíl od pokusu 2 a prací Tůmové *et al.* (2007, 2008) nebo Tůmové a Gouse (2012b), kde se průkazný vliv doby snesení vejce

na zmiňovaný ukazatel neuvádí. Vejce nosnic Lohmann LSL měla vyšší ($P \leq 0,001$) hodnoty podílu bílku (61,1 %) oproti vejcím nosnic Česká slepice (58,0 %), což pravděpodobně souviselo s hmotností vejce, neboť větší vejce mívají vyšší podíl bílku, ale méně žloutku, jak uvádějí Hussein *et al.* (1993). Shodně s našimi výsledky rovněž průkazně vyšší zastoupení bílku ve vejcích u hybridů nosnic oproti tradičním plemenům zjistili Suk a Park (2001), Hocking *et al.* (2003) nebo Rizzi a Chiericato (2005). Také výsledky Scotta a Silversidese (2000), Basmaciogla a Ergula (2005) nebo Singha *et al.* (2009) ukazují průkazný ($P \leq 0,01$) vliv genotypu na podíl bílku u nosných hybridů. Na druhou stranu z práce Tůmové *et al.* (2007) není patrný průkazný vliv genotypu Dominant na podíl bílku. Systém ustájení v tomto pokusu podíl bílku signifikantně neovlivnil, shodně jako v pokusu 1 nebo v pracích van den Branda *et al.* (2004) či Krawczykové (2009b). V porovnání s tím Basmacioglu a Ergul (2005) zjistili průkazně ($P \leq 0,01$) jeho vyšší podíl u vajec nosnic chovaných na podestýlce (65,91 %) oproti chovu v klecích (65,07 %).

Tabulka 10 dále dokumentuje hodnoty indexu bílku v závislosti na jednotlivých faktorech. Průkazná ($P \leq 0,034$) interakce doby snesení vejce, genotypu a systému ustájení na index bílku ukázala nejvyšší hodnoty u vajec snesených v 10 h nosnicemi Lohmann LSL v klecích. Interakce doby snesení vejce a systému ustájení nosnic se projevila signifikantně ($P \leq 0,001$) nejvyššími hodnotami u vajec snesenými v 10 h v konvenčních klecích. Naopak z výsledků Tůmové *et al.* (2009) je zřejmý průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyšší index bílku u vajec snesených v 10 h na podestýlce. V tomto pokusu byla interakce genotypu a systému ustájení statisticky neprůkazná, ale Ledvinka *et al.* (2012) naopak zjistili vliv této interakce na index bílku.

Index bílku v závislosti na době snesení vejce byl statisticky průkazný ($P \leq 0,001$), nejnižší hodnoty byly u vajec snesených v 6 h (8,1 %), oproti vejcím sneseným v 10 h (9,4%) a 14 h (9,2 %). Naopak v pokusu 1 byl nejvyšší index bílku zjištěn v 6 h a v pokusu 2 byl vliv doby snesení na index bílku neprůkazný. Stejně jako v pokusu 2 byly u indexu bílku zjištěny průkazné rozdíly ($P \leq 0,001$) v závislosti na genotypu v tomto pokusu ve prospěch nosnic Lohmann LSL (9,8 %) v porovnání s vejci České slepice (7,9 %). V pokusu Bozkurta a Tekerliho (2009) měly bělovaječné nosnice průkazně vyšší index bílku než hnědovaječné.

Kvalita bílku je zejména charakterizována Haughovými jednotkami, které zohledňují výšku bílku a hmotnost vejce a jsou přesnější než index bílku. Jak uvádí tabulka 10, tyto jednotky byly průkazně ($P \leq 0,018$) ovlivněny interakcí doby snesení, genotypu a systému ustájení. Nejvyšší hodnoty byly u vajec snesených v 10 h nosnicemi Lohmann LSL ustájenými v konvenčních klecích a korespondují s indexem bílku. Také Tůmová *et al.* (2009) zaznamenali průkaznou ($P \leq 0,041$) interakci těchto tří faktorů, ale nejvyšší Haughovy jednotky měla vejce snesená v 6 h nosnicemi Moravia BSL ustájenými na podestýlce (87,90). Další interakce byla u doby snesení a systému ustájení, nejvyšší ($P \leq 0,001$) Haughovy jednotky byly zaznamenány u vajec snesených v 10 h v klecích. Interakce genotypu a systému ustájení uvádí, že nosnice Lohmann LSL ustájené v kleci měly vyšší ($P \leq 0,028$) Haughovy jednotky než České slepice na podestýlce.

Na základě sběru vajec během dne byly vyhodnoceny nejnižší ($P \leq 0,001$) Haughovy jednotky (stejně jako index bílku) u vajec snesených v 6 h (78,9) oproti vejcím sneseným v 10 h (83,8) a 14 h (83,3). Tyto výsledky jsou v rozporu s pokusem 1, kde byly zjištěny signifikantně vyšší hodnoty v 6 h, naopak v pokusu 2 nebyly Haughovy jednotky dobou snesení vejce průkazně ovlivněny. Signifikantní vliv doby snesení vejce na Haughovy jednotky není patrný ani z práce Tůmové *et al.* (2007) nebo Tůmové a Gouse (2012b). Rozdíly mezi pokusy pravděpodobně souvisejí s různými genotypy použitými v pokusech a interakcemi mezi dobou snesení a dalšími faktory.

Statisticky odlišné ($P \leq 0,001$) hodnoty Haughových jednotek byly v tomto pokusu zjištěny u obou genotypů nosnic, vejce nosnic Lohmann LSL měly vyšší jednotky (85,6) než ve vejcích České slepice (78,4), stejně jako u indexu bílku. Vyšší hodnoty Haughových jednotek ve vejcích nosných hybridů v porovnání s tradičními plemeny nosnic zaznamenali shodně s našimi výsledky i Hocking *et al.* (2003). Rovněž v pokusu 2 byl zjištěn průkazný vliv hnědovaječných genotypů na Haughovy jednotky. Zmínku o průkazném vlivu genotypu nosnic na Haughovy jednotky můžeme najít obdobně i v pracích Vitse *et al.* (2005a), Bozkurta a Tekerliho (2009), Tůmové *et al.* (2009) nebo Ledvinky *et al.* (2012).

Vejce snesená v konvenčních klecích vykazovala vyšší ($P \leq 0,001$) hodnoty Haughových jednotek (84,2) než vejce z podestýlky (79,8), rovněž u indexu bílku byly

vyšší hodnoty u vajec z klecí. Shodně Hidalgo *et al.* (2008) a Ledvinka *et al.* (2012) zjistili průkazně ($P \leq 0,001$) vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec z klecí (69,2) v porovnání s jinými alternativními chovy. Tyto údaje jsou v rozporu s výsledky pokusu 1 a také prací Tůmové *et al.* (2009), kteří uvádějí vyšší hodnoty Haughových jednotek u vajec snesených na podestýlce v porovnání s klecemi. Krawczyková (2009b) porovnávala tři systémy ustájení u původního plemene polské zelenonožky a průkazně nejvíce Haughových jednotek zjistila při malochovu oproti intenzivnímu a ekologickému chovu. Diference mezi pokusy naznačují, že rozdíly v Haughových jednotkách v různých systémech a při použití rozdílných genotypů nosnic ovlivňují interakce genotypu a systému ustájení, které byly zjištěny v pokusu 1 i v práci Tůmové *et al.* (2011).

U podílu žloutku, jak uvádí tabulka 10, byla zaznamenána interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení ($P \leq 0,007$), jeho vyšší hodnoty byly zjištěny u vajec snesených v 10 h nosnicemi Česká slepice ustájených v klecích. Další průkazná interakce ($P \leq 0,001$) byla u doby snesení a genotypu, vejce snesená v 10 h genotypem Česká slepice měla podíl žloutku nejvyšší. Naopak v pokusech 1 a 2 nebyly zaznamenány žádné průkazné interakce ve vztahu k podílu žloutku.

Stejně jako u podílu bílku, tak i u podílu žloutku byly zaznamenány průkazně ($P \leq 0,460$) nejvyšší hodnoty u vajec snesených v 10 h (25,5 %) oproti vejcím sneseným ve 14 h (23,4 %), výsledky korespondovaly s pokusem 1, naopak v pokusu 2 a ve výsledcích Tůmové *et al.* (2007, 2008) nebo Tůmové a Gouse (2012b) je uveden neprůkazný vliv doby snesení na podíl žloutku. Tyto údaje zřejmě souvisejí s hmotností vejce, která byla rovněž nejvyšší v 10 h a hodnoty podílů jednotlivých částí v 10 h naznačují, že na zvyšování hmotnosti vejce se jednotlivé části podílely proporcionálně.

Průkazný ($P \leq 0,001$) vliv genotypu na podíl žloutku ukazuje vyšší hodnoty u vajec České slepice (26,6 %). České slepice měly průkazně vyšší podíl žloutku, ale menší podíl bílku v porovnání s nosnicemi Lohmann LSL. V pokusu 2 byl také shledán průkazný vliv genotypu s vyššími hodnotami u Moravia BSL. Shodně s našimi výsledky rovněž průkazně vyšší zastoupení žloutku ve vejcích u čisté linie nosnic oproti nosným hybridům zjistili Suk a Park (2001), Hocking *et al.* (2003) nebo Rizzi a Chiericato (2005). Porovnáváním bělovaječných a hnědovaječných nosnic se zabývali Scott a Silversides (2000) nebo Singh *et al.* (2009) a shodně zaznamenali průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl

žloutku u vajec bělovaječných nosnic na rozdíl od hnědovaječných nosnic. Tyto výsledky naznačují výraznější vztah podílu žloutku ke genotypu nosnic.

Ve vztahu k systému ustájení byl zaznamenán průkazně ($P \leq 0,015$) vyšší podíl žloutku u vajec z konvenčních klecí (25,1 %), v porovnání s vejci z podestýlky (23,6 %). V souladu s těmito údaji jsou výsledky Basmacioglu a Ergula (2005), kteří také zjistili průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší podíl žloutku u vajec nosnic chovaných v klecích (25,08 %) oproti chovu na podestýlce (24,16 %). Naopak v pokusu 1 nebyly zjištěny rozdíly u podílu žloutku vajec z odlišných systémů ustájení, stejně jako v pracích van den Branda *et al.* (2004), Hidalgo *et al.* (2008) nebo Krawczykové (2009b).

Tabulka 10 ukazuje, že statisticky významně ($P \leq 0,001$) byla ovlivněna barva žloutku interakcí doby snesení, genotypu a systému ustájení, průkazně ($P \leq 0,002$) tmavší barvu žloutku měla vejce snesená ve 14 h nosnicemi Česká slepice na podestýlce. Oproti tomu Tůmová *et al.* (2009) neprokázali ovlivnění barvy žloutku touto trojnásobnou interakcí. Interakce doby snesení a systému ustájení ukázala signifikantně ($P \leq 0,002$) tmavší žloutek vajec snesených na podestýlce ve 14 h, na rozdíl od Tůmové *et al.* (2009), kteří nezaznamenali průkaznou interakci těchto faktorů. Byla zjištěna také průkazná ($P \leq 0,018$) interakce genotypu a systému ustájení, nosnice České slepice chované na podestýlce snášely vejce s tmavším žloutkem než Lohmann LSL v kleci, což je v souladu s údaji Ledvinky *et al.* (2012), kteří zjistili průkaznou závislost barvy žloutku na zmiňované interakci, ale u hnědovaječných hybridů.

Z našeho sledování vyplývá, že průkazně ($P \leq 0,001$) tmavší barvu žloutku měla vejce snesená ve 14 h (5,7 %) oproti vejcům sneseným v 6 h (5,4 %) a v 10 h (5,3 %). Tyto údaje jsou v rozporu s výsledky pokusu 1, 2 a prací Tůmové *et al.* (2009), ve které nebyl průkazný vliv doby snesení vejce na barvu žloutku. Tyto kontrastní výsledky pravděpodobně souvisejí s použitými genotypy, které byly sledovány.

Při hodnocení barvy žloutku ve vztahu ke genotypu nosnic byly shledány průkazně ($P \leq 0,001$) tmavší žloutek u vajec snesených nosnicemi Česká slepice (6,0 %) v porovnání s vejci nosnic Lohmann LSL (5,0 %). Shodně s našimi údaji také Hocking *et al.* (2003) nebo Rizzi a Chiericato (2005) zaznamenali průkazně tmavší barvu žloutku u původních plemen nosnic oproti bělovaječným a hnědovaječným užitkovým hybridům. Výsledky tohoto pokusu nekorespondují s údaji pokusu 2 nebo prací Tůmové *et al.*

(2009), kde nebyl zaznamenán průkazný vliv genotypu na barvu žloutku u hybridních nosnic.

V tomto pokusu byla barva žloutku průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněna také systémem ustájení, tmavší žloutek měla vejce z podestýlky (5,7 %) v porovnání s vejci z klecí (5,3 %). Shodně s našimi výsledky jsou údaje van den Branda *et al.* (2004), Pištěkové *et al.* (2006), Petka *et al.* (2009) a Singha *et al.* (2009), kteří uvádějí tmavší barvu žloutku v alternativních ustájeních na rozdíl od ustájení v klecích. V pokusu 1 byl naopak zaznamenán tmavší žloutek vajec snesených v obohacených klecích v porovnání s konvenčními klecemi a podestýlkou, ale u jiného genotypu. Na druhou stranu Krawczyková (2009b), Tůmová *et al.* (2009), Sekeroglu *et al.* (2010) nebo Ledvinka *et al.* (2012) nezjistili průkazný rozdíl v barvě žloutku při ustájení nosnic v různých systémech.

Tabulka 10: Vliv doby snesení, genotypu a systému ustájení na vnitřní kvalitu vajec

	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Doba snesení						
6:00	59,0 ^b	8,1 ^b	78,9 ^b	24,0 ^{ab}	43,9	5,4 ^b
10:00	60,1 ^a	9,4 ^a	83,8 ^a	25,5 ^a	44,5	5,3 ^b
14:00	59,6 ^a	9,2 ^a	83,3 ^a	23,4 ^b	44,6	5,7 ^a
Genotyp						
Lohmann LSL	61,1 ^a	9,8 ^a	85,6 ^a	22,0 ^b	43,7 ^b	5,0 ^b
Česká slepice	58,0 ^b	7,9 ^b	78,4 ^b	26,6 ^a	45,0 ^a	6,0 ^a
Systém ustájení						
Konvenční klec	59,7	9,5 ^a	84,2 ^a	25,1 ^a	44,5	5,3 ^b
Podestýlka	59,4	8,3 ^b	79,8 ^b	23,6 ^b	44,2	5,7 ^a
Průkaznost						
Doba snesení	0,001	0,001	0,001	0,460	NS	0,001
Genotyp	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Systém ustájení	NS	0,001	0,001	0,015	NS	0,001
Doba snesení * genotyp	NS	NS	NS	0,001	NS	NS
Doba snesení * systém ustájení	NS	0,001	0,001	NS	NS	0,002
Genotyp * systém ustájení	NS	NS	0,028	NS	NS	0,018
Doba snesení * genotyp * systém ustájení	0,030	0,034	0,018	0,007	NS	0,002

^{ab} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

V tabulce 11 jsou uvedeny charakteristiky kvality skořápky. Je patrné, že podíl skořápky byl průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn dobou snesení vejce, vyšší hodnoty byly u vajec snesených v 10 h (12,2 %) oproti vejcům sneseným ve 14 h (11,8 %) a 6 h (11,7 %). Naopak v pokusu 1 a 2 a v práci Tůmové *et al.* (2007) byl zjištěn nejvyšší podíl skořápky u vajec snesených ve 14 h. Tůmová *et al.* (2008) a Tůmová a Gous (2012b) neprokázali signifikantní rozdíly podílů skořápek v závislosti na době snesení.

Statistická průkaznost ($P \leq 0,001$) byla zaznamenána mezi genotypy, vyšší podíl skořápky měla vejce nosnic Lohmann LSL (12,2 %) oproti vejcím České slepice (11,6 %), což koresponduje s výsledky Suka a Parka (2001), kteří rovněž uvádějí vyšší zastoupení skořápky u hybridů než u plemen nosnic. Naopak Hocking *et al.* (2003) popisují vyšší procentuální podíl skořápky u čistokrevného plemene nosnic oproti užitkovým hybridům. Na druhou stranu Basmacioglu a Ergul (2005) nebo Rizzi a Chiericato (2005) nezjistili průkazný vliv genotypu na podíl skořápky v porovnání s pokusem 2 nebo pracemi Silversidese *et al.* (2006) a Tůmové *et al.* (2007), kde jsou patrné průkazné rozdíly v podílu skořápky ve vztahu ke genotypu nosnic.

Pevnost skořápky byla průkazně ovlivněna pouze genotypem nosnic, vliv ostatních sledovaných faktorů a interakcí nebyl zaznamenán. Naproti tomu v pokusu 2 byla zjištěna interakce doby snesení vejce, genotypu a věku, ale u jiných genotypů. Ve vztahu ke genotypu nosnic, stejně jako u podílu skořápky tak u pevnosti, byly zjištěny statisticky ($P \leq 0,020$) nejvyšší hodnoty u vajec nosnic Lohmann LSL (4316 g.cm^{-2}) oproti vejcím nosnic České slepice (4116 g.cm^{-2}). Vyšší, ale pouze neprůkazně, pevnost skořápek užitkových hybridů ve srovnání s původním plemenem nosnic uvádějí také Hocking *et al.* (2003). Rovněž Krawczykova (2009a) uvádí vyšší pevnost skořápek vajec hybridů nosnic než u genotypu Sussex, ale v porovnání s původním plemenem polskou zelenonožkou měli hybridy pevnost skořápek nižší. Washburn a Potts (1975) při porovnávání pevnosti skořápek různých hybridů nosnic došli k závěru, že vyšší kvalitu skořápky, co se pevnosti týká, měly bělovaječné nosnice oproti hnědovaječným. Naopak Basmacioglu a Ergul (2005) zaznamenali průkazně ($P \leq 0,01$) pevnější skořápky vajec nosnic hnědovaječných ($3,30 \text{ kg/cm}^2$) v porovnání s bělovaječnými ($3,22 \text{ kg/cm}^2$). Také Ledvinka *et al.* (2012) a výsledky pokusu 2 ukazují průkazný vliv genotypu na pevnost skořápky.

Signifikantní ($P \leq 0,040$) interakce doby snesení a genotypu byla pozorována u tloušťky skořápky, silnější skořápku měla vejce snesená v 10 h nosnicemi Lohmann LSL. Naproti tomu v pokusu 2 s hnědovaječnými nosnicemi interakce doby snesení a genotypu zjištěna nebyla, podobně jako v pracích Tůmové *et al.* (2007, 2009).

Tloušťka skořápky v tomto pokusu byla průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněna dobou snesení vejce s nejvyššími hodnotami u vajec snesených v 10 h ($0,347 \text{ mm}$). Odlišné

výsledky byly v pokusu 1, kde byly zjištěny vyšší hodnoty tloušťky v 6 h a v pokusu 2 ve 14 h. Podobně rozdílné jsou i výsledky Tůmové *et al.* (2007), kteří zaznamenali průkazně ($P \leq 0,05$) silnější skořápky u vajec snesených ve 14 h (0,363 mm), nebo Tůmové *et al.* (2008) a Tůmové a Ledvinky (2009), kteří zjistili odlišné hodnoty tloušťky v závislosti na době snesení vejce. Na druhou stranu Tůmová *et al.* (2009) uvádějí neprůkazný vliv doby snesení vejce na tloušťku skořápky.

Signifikantní ($P \leq 0,001$) rozdíly v tloušťce skořápky byly zjištěny ve vztahu ke genotypům nosnic, vyšší hodnoty tloušťky byly shledány u vajec nosnic Lohmann LSL (0,354 mm), v porovnání s vejci nosnic České slepice (0,321 mm), shodně jako bylo zjištěno u podílu a pevnosti skořápky. Také Suk a Park (2001) uvádějí průkazně větší tloušťku skořápky vajec nosnic komerčních hybridů ISA hnědá v porovnání s méně prošlechtěným plemenem nosnic. Na druhou stranu Basmacioglu a Ergul (2005) nezaznamenali průkazné rozdíly v tloušťce skořápky vajec hnědovaječných a bělovaječných nosnic. Avšak v porovnání s tím Washburn a Potts (1975) uvádějí vyšší tloušťku skořápek bělovaječných nosnic než hnědovaječných. Také z dalších prací (Vits *et al.*, 2005a; Tůmová *et al.*, 2007; Bozkurt a Tekerli, 2009; Ledvinka *et al.*, 2012) je patrný průkazný vliv genotypu na tloušťku skořápky.

Tabulka 11: Vliv doby snesení, genotypu a systému ustájení na kvalitu skořápky

	Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (g.cm⁻²)	Tloušťka skořápky (mm)
Doba snesení			
6:00	11,7 ^b	4196	0,335 ^b
10:00	12,2 ^a	4232	0,347 ^a
14:00	11,8 ^b	4221	0,332 ^b
Genotyp			
Lohmann LSL	12,2 ^a	4316 ^a	0,354 ^a
Česká slepice	11,6 ^b	4116 ^b	0,321 ^b
Systém ustájení			
Konvenční klec	11,9	4173	0,336
Podestýlka	11,9	4259	0,340
Průkaznost			
Doba snesení	0,001	NS	0,001
Genotyp	0,001	0,020	0,001
Systém ustájení	NS	NS	NS
Doba snesení * genotyp	NS	NS	0,040
Doba snesení * systém ustájení	NS	NS	NS
Genotyp * systém ustájení	NS	NS	NS
Doba snesení * genotyp * systém ustájení	NS	NS	NS

^{ab} číslo na stejném řádku označené jiným písmem než předchozí se průkazně liší
NS nesignifikantní

5.4. Souhrn výsledků

Práce byla zaměřena na sledování vlivu doby snesení vejce, systému ustájení, genotypu a věku nosnic na vnitřní a vnější ukazatele kvality vajec s posouzením interakcí mezi jednotlivými faktory. Hmotnost vajec je jedním z důležitých ukazatelů ekonomiky produkce a je ovlivněna řadou faktorů. U hmotnosti vajec v pokusu 3 byla zjištěna statisticky průkazná ($P \leq 0,006$) trojnásobná interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení s nejvyšší hmotností vajec v 10 h u nosnic Lohmann LSL ustájených

v konvenčních klecích. V pokusu 1 byla zjištěna průkazná ($P \leq 0,045$) interakce doby snesení a systému ustájení, nejvyšší hodnoty byly u vajec snesených v 6 h v klecích. Naopak v pokusu 3 nebyla tato interakce statisticky průkazná. Rozdíly v interakcích v obou pokusech mohly být ovlivněny použitím odlišných genotypů, kdy pokus 2 proběhl s hnědovaječnými a pokus 3 s bělovaječnými nosnicemi. Tuto domněnku potvrzují interakce genotypu a doby snesení v pokusu 3. Interakce doby snesení a genotypu se v pokusu 2 projevila pouze neprůkazně, na rozdíl od pokusu 3, kde byla tato interakce průkazná ($P \leq 0,001$) s nejvyššími hodnotami v 10 h u nosnic Lohmann LSL. V pokusu 2 byla u hmotnosti vejce zjištěna také průkazná ($P \leq 0,033$) interakce doby snesení a věku, statisticky vyšší hodnoty byly u vajec snesených v 6 h ve věku nosnic 36 – 44 týdnů. Interakce genotypu a věku nosnic byla v pokusu 2 průkazná ($P \leq 0,001$) s nejvyššími hodnotami hmotnosti vajec u nosnic Moravia BSL ve věku 36 – 44 týdnů. Z jednotlivých faktorů byla hmotnost vejce průkazně ovlivněna dobou snesení ve všech pokusech. Odlišnosti výsledků byly pravděpodobně způsobeny použitím jiných genotypů nosnic. Také systém ustájení průkazně ovlivnil hmotnost vajec. Vyšší hmotnost byla zjištěna u vajec snesených v klecových systémech oproti podestýlce. Ve vztahu ke genotypu nosnic byla zaznamenána průkazně ($P \leq 0,002$) nejvyšší hmotnost vajec nosnic Moravia BSL v pokusu 2 a u nosnic Lohmann LSL v pokusu 3. Rozdíly v hmotnosti vajec byly zjištěny také v závislosti na věku nosnic, v pokusu 2 byly průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty uprostřed sledovaného období snášky, mezi 36. a 44. týdnem věku nosnic. Z výsledků hmotnosti vajec, zejména působení interakcí jednotlivých faktorů je zřejmé, že interakce ovlivňují hmotnost více než jednotlivé faktory a je třeba hodnotit všechny souvislosti.

U podílu bílku byla zjištěna průkazná ($P \leq 0,030$) trojnásobná interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení s nejvyššími hodnotami u vajec snesených v 10 h nosnicemi Lohmann LSL ustájenými v konvenčních klecích. Doba snesení podíl bílku průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivnila v pokusu 1 a 3, pokus 2 tento vliv neprokázal. V pokusu 1 byly nejvyšší hodnoty podílu bílku v 6 h, na rozdíl od pokusu 3, kde byl podíl nejvyšší v 10 h. Tyto rozdíly mohou souviset s hmotností vejce, neboť těžší vejce mívají více bílku. Vztah mezi podílem bílku a systémem ustájení nosnic nebyl průkazný ani v jednom pokusu. Genotyp nosnic naopak podíl bílku průkazně ovlivnil, nejvyšší

hodnoty byly zaznamenány u hnědovaječných nosnic Bovans hnědý v pokusu 2 a u bělovaječných Lohmann LSL v pokusu 3. Podíl bílku byl průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněn také věkem nosnic, nejvyšší hodnoty byly zaznamenány na začátku pokusu (20 – 24 týdnů věku) s postupným snižováním.

Nejdůležitější ukazatel vnitřní kvality vajec, Haughovy jednotky, byly průkazně ovlivněny v pokusu 3 interakcí doby snesení, genotypu a systému ustájení ($P \leq 0,018$). Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v 10 h u hybrida Lohmann LSL v klecích. V pokusech 1 a 3 byla průkazná ($P \leq 0,001$) interakce doby snesení a systému ustájení s odlišnými výsledky mezi pokusy a ukázala, že v pokusu 1 nejvyšší Haughovy jednotky byly v 6 h na podestýlce a v pokusu 3 v 10 h v konvenčních klecích. Interakce genotypu a systému ustájení v pokusu 3 ukázala u nosnic Lohmann LSL ustájených v konvenčních klecích průkazně ($P \leq 0,028$) nejvyšší Haughovy jednotky. Z jednotlivých ukazatelů byly Haughovy jednotky průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněny dobou snesení, v pokusu 1 byly nejvyšší v 6 h a v pokusu 3 v 10 h. Ve vztahu k systému ustájení byly u Haughových jednotek zjištěny kontrastní výsledky, průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyšší hodnoty byly v pokusu 1 u vajec snesených na podestýlce, naopak v pokusu 3 v konvenční kleci. Rozdílné výsledky mohou souviset s odlišnými genotypy nosnic v jednotlivých pokusech (hnědovaječné byly použity v pokusu 1 a bělovaječné v pokusu 3), což naznačuje významnosti ve vztahu ke genotypu v pokusu 2 a 3. Haughovy jednotky byly průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněny také věkem nosnic, nejvyšší hodnoty byly mezi 20. – 24. týdnem věku nosnic.

Významným ukazatelem kvality žloutku je jeho podíl, u kterého byla zjištěna interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení ($P \leq 0,007$) v pokusu 3, nejvyšší hodnoty byly u vajec snesených v 10 h nosnicemi Česká slepice chovaných v klecích. Ve stejném pokusu byla i průkazná interakce doby snesení a genotypu s průkazně ($P \leq 0,001$) nejvyššími hodnotami v 10 h u vajec České slepice. Podíl žloutku byl závislý na době snesení vejce s průkazně nejvyššími hodnotami v 10 h. Systém ustájení podíl žloutku ovlivnil pouze v pokusu 3, kde byly nejvyšší hodnoty zjištěny u vajec snesených v konvenčních klecích v porovnání s podestýlkou, v pokusu 1 nebyly rozdíly průkazné. Podíl žloutku byl průkazně závislý na genotypu a zvyšoval se s věkem nosnic.

U podílu skořápky byla zaznamenána pouze průkazná ($P \leq 0,013$) interakce doby snesení, genotypu a věku nosnic, s nejvyššími hodnotami ve 14 h u nosnic Bovans hnědý ve věku 20 – 24 týdnů. Signifikantní byla i interakce genotypu a věku ($P \leq 0,012$) a doby snesení s věku ($P \leq 0,001$). Ve všech třech pokusech byl zjištěn průkazný vliv doby snesení vejce na podíl skořápky. V pokusech 1 a 2 byly shodně nejvyšší hodnoty ve 14 h a v pokusu 3 v 10 h. Tyto rozdílné výsledky ukazují souvislost s genotypy nosnic, protože v pokusu 3 byly sledovány bělovaječné nosnice. Systém ustájení neovlivnil podíl skořápky, naopak ve vztahu ke genotypu nosnic byly zjištěny průkazné ($P \leq 0,001$) interakce. Byl prokázán i vliv věku ($P \leq 0,002$) nosnic s nejvyššími hodnotami na začátku pokusu (20 – 24 týdnů věku nosnic).

Pevnost skořápky, jako hlavní ukazatel její kvality, byla průkazně ($P \leq 0,033$) ovlivněna interakcí doby snesení, genotypu a věku nosnic v pokusu 2. Nejvyšší hodnoty byly u Bovanse hnědé na začátku snášky a v 6 h. Doba snesení průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivnila pevnost pouze v pokusu 1 s nejvyššími hodnotami v 6 h. Genotyp nosnic měl průkazný vliv na pevnost skořápky. Ve vztahu k věku nosnic v pokusu 2 byla průkazně ($P \leq 0,001$) nejpevnější skořápka u vajec snesených na začátku pokusu a poté se hodnoty snižovaly.

Rovněž tloušťka skořápky, jako další ukazatel kvality skořápky, byla ovlivněna interakcemi. V pokusu 2 průkazná ($P \leq 0,002$) interakce doby snesení, genotypu a věku se projevila nejvyššími hodnotami v 6 h u nosnic Bovans hnědý na začátku pokusu. V pokusu 3 byla zjištěna interakce ($P \leq 0,040$) doby snesení vejce a genotypu. Z jednotlivých faktorů průkazně ovlivnily tloušťku skořápky doba snesení a genotyp. Systém ustájení neměl průkazný vliv na tloušťku skořápky ani v jednom pokusu. Ve vztahu k věku v pokusu 2 byla tloušťka skořápky průkazně ($P \leq 0,005$) nejvyšší na začátku pokusu (20 – 24 týdnů věku nosnic) s následným poklesem hodnot, v závislosti na věku. Celková kvalita skořápky byla nejvyšší u mladých nosnic na začátku pokusu mezi 20. a 24. týdnem věku.

6. ZÁVĚR

Kvalita vajec je ovlivňována vnějšími a vnitřními faktory, mezi nimiž často dochází k interakcím. Cílem práce bylo zhodnocení kvality vajec v závislosti na době snesení při ustájení slepic v různých systémech (konvenční klec, obohacená klec a podestýlka) u různých genotypů a v závislosti na věku s posouzením interakcí výše uvedených faktorů.

Z výsledků práce je zřejmé, že u většiny sledovaných ukazatelů kvality vajec docházelo k interakcím doby snesení vejce a dalších faktorů. To bylo patrné především u hmotnosti vejce, která byla ovlivněna více interakcemi sledovaných podmínek než jednotlivými faktory. Průkazně těžší vejce hnědovaječných nosnic byla snesena v ranních hodinách v klecích, u bělovaječných nosnic byla vejce s vyšší hmotností zjištěna v dopoledních a odpoledních hodinách rovněž v klecových systémech. Podíl bílku byl závislý především na jednotlivých faktorech, zaznamenali jsme pouze interakci doby snesení, genotypu a systému ustájení ve vztahu k tomuto ukazateli. Interakce byly zjištěny u Haughových jednotek, stejně jako průkazné hodnoty u všech faktorů. Podíl žloutku byl více závislý na samotných faktorech než na interakcích, ale i přesto byla zjištěna interakce doby snesení, genotypu a systému ustájení ve vztahu k tomuto ukazateli. Kvalita skořápky byla ovlivněna dobou snesení, genotypem a věkem nosnic, zároveň u ní byla průkazná interakce doby snesení, genotypu a věku. Podíl skořápky byl navíc ovlivněn interakcí doby snesení a věku a interakcí genotypu a věku.

Doba snesení vejce průkazně ovlivnila všechny ukazatele kvality, na rozdíl od systému ustájení nosnic, který měl průkazný vliv pouze na hmotnost vajec ve prospěch klecí. Genotyp významně ovlivnil všechny kvalitativní ukazatele vajec s výraznými rozdíly mezi hnědovaječnými a bělovaječnými nosnicemi. Nejtěžší vejce u hnědovaječných nosnic snášely Moravia BSL, ale v ostatních ukazatelích kvality vajec včetně kvality skořápky dominovaly nosnice Bovans hnědý. U bělovaječných nosnic byly zaznamenány vyšší hodnoty kvality hybridu Lohmann LSL v porovnání s plemenem Česká slepice. Věk jako samotný faktor prokazatelně ovlivnil všechny sledované parametry kvality. Vejce snesená uprostřed pokusu (36 – 44 týdnů věku) měla nejvyšší

hmotnost, ale ukazatele kvality bílku a skořápky byly nejvyšší na začátku pokusu ve věku 20 – 24 týdnů.

Z uvedených výsledků vyplývá potvrzení hypotézy práce, že ve vztahu ke kvalitě vajec hrají významnou roli interakce různých faktorů. Je patrné především vzájemné ovlivnění doby snesení, genotypu a systému ustájení. Pro dosažení vysoké kvality vajec je důležité znát vliv jednotlivých faktorů, ale je třeba hodnotit všechny vztahy a souvislosti mezi nimi.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABRAHAMSSON, P. – TAUSON, R. (1998): Performance and egg quality of laying hens in an aviary system. *Journal of Applied Poultry Research*, 7:225-232.

ABRAHAMSSON, P. – TAUSON, R. – ELWINGER, K. (1996): Effect on production, health and egg quality of varying proportions of wheat and barley in diets for two hybrids of laying hens kept in different housing systems. *Acta Agriculturae Scandinavica, section A, Animal Science*, 46:173-182.

AKSOY, T. – YILMAZ, M. – TUNA, Y.T. (2001): The effect of oviposition time on egg quality and the possibility of estimating egg shell weight using a formula in commercial layers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25 (6):811-816.

AKYUREK, H. – OKUR, A.A. (2009): Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layers hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (10):1953-1958.

AL-RAWI, B.A. – ABOU-ASHOUR, A.M. (1984): Effects of housing system on layer performance in a cooled house. *Tropical Animal Health and Production*, 9:216-222.

ARAFA, A.S. – HARMS, R.H. – MILES, R.D. – CHRISTMAS, R.B. – CHOI, J.H. (1982): Quality characteristics of eggs from different strains of hens as related to time of oviposition. *Poultry Science*, 61:842-847.

AYORINDE, K. – OLAGBUYIRO, B. (1991): The influence of clutch size and oviposition time on egg weight and egg index in Hubbard layers. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 39:251-253.

BASMACIOGLU, H. – ERGUL, M. (2005): Research on the factors affecting cholesterol content and some other characteristics of egg in laying hens – the effect of

genotype and rearing system. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29:157-164.

BHATI, B.M. (1987): Distribution of oviposition time in continuous darkness or continuous illumination. British Poultry Science, 28:295-306.

BOZKURT, Z. – TEKERLI, M. (2009): The effects of hen age, genotype, period and temperature of storage on egg quality. Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi, 15:517-524.

CAMPO, J.L. – GIL, M.G. – MUÑOZ, I. – ALONSO, M. (2000): Effects of breed, hen age, and egg storage on the indirect prediction of the albumen quality. Archiv für Geflügelkunde, 64:109-114.

CAMPO, J.L. – GIL, M.G. – DÁVILA, S.G. (2007): Differences among white-, tinted-, and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. Archiv für Geflügelkunde, 71(3):105-109.

CHOI, J.H. – MILES, R.D. – ARAFA, A.S. – HARMS, R.H. (1981): The influence of oviposition time on egg weight, shell quality and blood phosphorus. Poultry Science, 60:824-828.

EMMANS, G.C. – FISHER, C. (1986): Problems in nutritional theory. In: Fisher, I.C. – Boorman, K.N. (Eds.) *Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research*, London, 9-39.

ETCHES, R.J. (1990): The ovulatory cycle of the hen. CRC Critical reviews of Poultry Biology, 2:293-318.

ETCHES, R.J. – PETITTE, J.N. – ANDERSON-LANGMUIR, C.E. (1984): Interrelationship between the hypothalamus, pituitary gland, ovary, adrenal gland and the

open period for LH release in the hen (*Gallus domesticus*). Journal of Experimental Zoology, 232:501-511.

ETCHES, R.J. – KELLY, J.D. – ANDERSON-LANGMUIR, C.E. – OLSON, D.M. (1990): Prostaglandin production by the largest preovulatory follicles in the domestic hen (*Gallus domesticus*). Biology of Reproduction, 43:378-384.

EWY, Z. – RZASA, J. (1968): Effect of vasotocin and oxytocin on contractility of the oviduct and on blood pressure in the hen. Acta Physiologica, 19:359.

FERRANTE, V. – LOLLI, S. – VEZZOLI, G. – CAVALCHINI, L.G. (2009): Effects of two different rearing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in laying hens. Italian Journal of Animal Science, 8:165-174.

FRAPS, R.M. (1970): Photoregulation in the ovulation cycle of the domestic fowl. In: LILLPERS, K. (1991): Genetic variation in the time of oviposition in the laying hen. British Poultry Science, 32:303-312.

GARCES, A. – CASEY, N.H. (2003): Oviposition and egg quality traits of dwarf and naked neck layers. South African Journal of Animal Science, 33 (2):105-110.

GUESDON, V. – FAURE, J.M. (2004): Laying performance and egg quality in hens kept in standard or furnished cages. Animal Research, 53:45-57.

HALAJ, M. – PACKA, L. (1977): A study of the dynamics of egg-laying during the day in the course of the egg laying cycle. III. Frequency of the occurrence of non-standard shape eggs. In: TŮMOVÁ, E. – EBEID, T. (2005): Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cage and in a litter housing system. Czech Journal of Animal Science, 50 (3):129-134.

HALAJ, M. – SZOBY, L. (1977): Štúdium dynamiky znášky a vlastností vajec počas dňa v priebehu znáškového cyklu (Study of dynamics of egg laying and properties during a day and egg laying cycle). I. Frekvencia znášky, hmotnosti vajec a vlastností škrupiny. Poľnohospodárstvo, 23:187-195.

HARMS, R.H. (1991): Specific-gravity of eggs and eggshell weight from commercial layers and broiler breeders in relation to time of oviposition. Poultry Science, 70:1099-1104.

HAUGH, R.R. (1937): The Haugh Unit for measuring egg quality. US Egg Poultry Mag., 43, 552–555, 572–573.

HAUGHES, B.O. – GILBERT, A.B. – BROWN, M.F. (1986): Categorization and causes of abnormal egg shells: relationship with stress. British Poultry Science, 27:325-337.

HERTELENDY, F. – BIELLIER, H.V. (1978): Evidence for a physiological role of prostaglandins in oviposition by the hen. Journal of Reproduction and Fertility, 53:71-74.

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.

HOCKING, P.M. – BAIN, M. – CHANNING, C.E. – FLEMING, R. – WILSON, S. (2003): Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. British Poultry Science, 44:365-373.

HORST, P. – RAUEN, H.W. (1986): Significance of the naked-neck (Na-gene) in poultry breeding in the tropics. Proc. 7th European Poultry Conference, Paris, 191-195.

HUSSEIN, S.M. – HARMS, R.H. – JANKY, D.M. (1993): Effect of age on the yolk to albumen ratio in chicken eggs. *Poultry Science*, 72:594-597.

IEDA, T. – TAKAHASHI, T. – SAITO, N. – YASUOKA, T. – KAWASHIMA, M. – IZUMI, T. – SHIMADA, K. (2001): Changes in calcitonin receptor binding in the shell gland of laying hens (*Gallus domesticus*) during the oviposition cycle. *Japan Poultry Science*, 38:203-212.

JACOB, J.P. – MILES, R.D. – MATHER, F.B. (2000): Egg quality. PS 24, Serie of the Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of food and Agricultural Sciences, University of Florida.

JOHNSTONOVÁ, S.A. – GOUS, R.M. (2003): An improved mathematical model of the ovulatory cycle of the laying hen. *British Poultry Science*, 44 (5):752-760.

JOHNSTONOVÁ, S.A. – GOUS, R.M. (2007): Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *British Poultry Science*, 48:347-353.

JURKEVICH, A. – GROSSMANN, R. (2003): Vasotocin and reproductive functions of the domestic chicken. *Domestic Animal Endocrinology*, 25:93-99.

KRAWCZYKOVÁ, J. (2009a): Effect of layer age and egg production level on changes in quality traits of eggs from hens of conservation breeds and commercial hybrids. *Annals of Animal Science*, 9:185-193.

KRAWCZYKOVÁ, J. (2009b): Quality of eggs from Polish native Greenleg Partridge chicken-hens maintained in organic vs. backyard production systems. *Animal Science Papers and Reports*, 27:227-235.

KRZYSIK-WALKER, S.M. – OCÓN-GROVE, O.M. – MADDINENI, S.B. – HENDRICKS, G.L. 3rd – RAMACHANDRAN, R. (2007): Identification of calcitonin

expression in the chicken ovary: Influence of follicular maturation and ovarian steroids. *Biology of Reproduction*, 77:626-635.

KUPITTAYANANT, S. – KUPITTAYANANT, P. (2010): The roles of pH in regulation of uterine contraction in the laying hens. *Animal Reproduction Science*, 118:317-323.

KUPITTAYANANT, S. – KUPITTAYANANT, P. – SUWANNACHAT, C. (2009): Mechanisms of uterine contractility in laying hens. *Animal Reproduction Science*, 115:215-224.

LACIN, E. – YILDIZ, A. – ESENBUGA, N. – MACIT, M. (2008): Effect of differences in the initial body weight of groups on laying performance and egg quality parameters of Lohmann laying hens. *Czech Journal of Animal Science*, 53 (11):46-471.

LEDVINKA, Z. – TŮMOVÁ, E. – ARENT, E. – HOLOUBEK, J. – KLESALOVÁ, L. (2000): Egg shell quality in some white- and brown-egged cross combinations of dominant hens. *Czech Journal of Animal Science*, 45 (6):285-288.

LEDVINKA, Z. – ZITA, L. – HUBENÝ, M. – TŮMOVÁ, E. – TYLLER, M. – DOBROVOLNÝ, P. – HRUŠKA, M. (2011): Effect of genotype, age of hens and *K/k* allele on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*, 56 (11):242-249.

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 (1):38-43.

LEE, K.D. – CHOI, J.H. (1985): Interrelationship among time of oviposition, egg weight, shell weight, and rate of egg-production of laying hens. *Poultry Science*, 64:2256-2258.

LEWIS, P.H. – PERRY, G.C. – MORRIS, T.R. (1995): Effect of photoperiod on the mean oviposition time of two breeds of laying hen. *British Poultry Science*, 36:33-37.

LEWIS, P.D. – PERRY, G.C. – MORRIS, T.R. – ENGLISH, J. (2001): Supplementary dim light differentially influences sexual maturity, oviposition time, and melatonin rhythms in pullets. *Poultry Science*, 80:1723-1728.

LEYENDECKER, M. – HAMANN, H. – HARTUNG, J. – KAMPHUES, J. – RING, C. – GLUNDER, R. – AHLERS, C. – SANDER, I. – NEUMANN, U. – DISTL, O. (2001a): Analysis of genotype-environment interaction between layer lines and hen housing for performance traits, egg quality and bone breaking strength: 1st communication: Performance traits. *Züchtungskunde*, 73:290-307.

LEYENDECKER, M. – HAMANN, H. – HARTUNG, J. – KAMPHUES, J. – RING, C. – GLUNDER, R. – AHLERS, C. – SANDER, I. – NEUMANN, U. – DISTL, O. (2001b): Analysis of genotype-environment interaction between layer lines and hen housing for performance traits, egg quality and bone breaking strength – 2nd communication: Egg quality traits. *Züchtungskunde*, 73:308-323.

LICHOVNÍKOVÁ, M. – ZEMAN, L. (2008): Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*, 53 (4):162-168.

LILLPERS, K. (1991): Genetic variation in the time of oviposition in the laying hen. *British Poultry Science*, 32:303-312.

LILLPERS, K. – WILHELMSON, M. (1993): Genetic and phenotypic parameters for oviposition pattern traits in three selection lines of laying hens. *British Poultry Science*, 34:297-308.

MACLOUF, J. – SORS, H. – RIGAUD, M. (1977): Recent aspects of prostaglandin biosynthesis: A review. *Biomedicine*, 26:362-375.

MADDINENI, S.B. – KRZYSIK-WALKER, S.M. – OCÓN-GROVE, O.M. – MOTCH, S.M. – HENDRICKS, G.L. 3rd – RAMACHANDRAN, R. (2007): Calcitonin is expressed in the chicken pituitary gland: Influence of gonadal steroids and sexual maturation. *Cell Tissue Research*, 327:521-528.

MERTENS, K. – BAMELIS, F. – KEMPS, B. – KAMERS, B. – VERHOELST, E. – DE KETELAERE, B. – BAIN, M. – DECUYPERE, E. – DE BAEDEMAERT, J. (2006): Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science*, 85:1670-1677.

MIAO, Z.H. – GLATZ, P.C. – RU, Y.J. (2005): Free-range Poultry Production – a Review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 18 (1):113-132.

MILLS, A.D. – NYS, Y. – GAUTRON, J. – ZAWADSKI, J. (1991): Whitening of brown-shelled eggs: individual variation and relationship with age, fearfulness, oviposition interval and stress. *British Poultry Science*, 32:117-129.

MIYOSHI, S. – INOUE, K. – MINH LUC, K. – KUCHIDA, K. – MITSUMOTO, T. (1997): Intra-clutch changes in egg composition and shell quality in laying hens. *Japan Poultry Science*, 34:273-281.

MOHAN, B. – MANI, V. – NAGARAJAN, S. (1991): Effect of different housing system on the physical qualities of commercial chicken egg. *Indian Journal of Poultry Science*, 26:130-131.

NAKAYAMA, H. – NAKAGAWA-MIZUYACHI, K. – TAKAHASHI, T. – KAWASHIMA, M. (2010): Calcitonin receptor binding in the hen neurohypophysis before and after oviposition. *Poultry Science*, 89:1473-1480.

NIEZGODA, J. – RZASA, J. – EWY, Z. (1973): Changes in blood vasotocin activity during oviposition in the hen. *Journal of Reproduction and Fertility*, 35:505-509.

NOVO, R.P. – GAMA, L.T. – CHAVEIRO SOARES, M. (1997): Effect of oviposition time, hen age, and extra dietary calcium on egg characteristics and hatchability. *Journal of Applied Poultry Research*, 6:335-343.

ODABASI, A.Z. – MILES, R.D. – BALABAN, M.O. – PORTIER, K.M. (2007): Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poultry Science*, 86:356-363.

OLSON, D.M. – SHIMADA, K. – ETCHES, R.J. (1986): Prostaglandin concentration in peripheral plasma and ovarian and uterine plasma and tissue in relation to oviposition in hens. *Biology of Reproduction*, 35:1140-1146.

PATTERSON, P.H. (1997): The relationship of oviposition time and egg characteristics to the daily light:dark cycle. *Journal of Applied Poultry Research*, 6:381-390.

PAVLÍK, A. – LICHOVNÍKOVÁ, M. – JELÍNEK, P. (2009): Blood plasma mineral profile and qualitative indicators of the eggshell in laying hens in different housing systems. *Acta Veterinaria Brno*, 78:419-429.

PAVLOVSKI, Z. – VITOROVIC, D. – SKRBIC, Z. – VRACAR, S. (2000): Influence of limestone particle size in diets for hens and oviposition time on eggshell quality. *Acta Veterinaria Beograd*, 50:37-42.

PAVLOVSKI, Z. – HOPIC, S. – LUKIC, M. (2001): Housing systems for layers and egg quality. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 17:197-201.

PEEBLES, E.D. – ZUMWALT, C.D. – DOYLE, S.M. – GERARD, P.D. – LATOUR, M.A. – BOYLE, C.R. – SMITH, T.W. (2000): Effects of breeder age and dietary fat source and level on broiler hatching egg characteristics. *Poultry Science*, 79:698-704.

PETEK, M. – ALPAY, F. – GEZEN, S.S. – CIBIK, R. (2009): Effects of housing system and age on early stage egg production and quality in commercial laying hens. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 15:57-62.

PIŠTĚKOVÁ, V. – HOVORKA, M. – VEČEREK, V. – STRAKOVÁ, E. – SUCHÝ, P. (2006): The quality comparison of egg laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*, 51 (7):318-325.

REYNARD, M. – SAVORY, J. (1999): Stress-induced oviposition delays in laying hens: duration and consequences for egg-shell quality. *British Poultry Science*, 40:585-591.

RIZZI, C. – CHIERICATO, G.M. (2005): Organic farming production. Effect of age on the productive yield and egg quality of hens of two commercial hybrid lines and two local breeds. *Italian Journal of Animal Science*, 4:160-162.

ROLAND, D.A., Sr. – SLOAN, D.R. – HARMS, R.H. (1975): The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. *Poultry Science*, 54:1720-1723.

ROLL, V.F.B. – BRIZ, R.C. – LEVRINO, G.A.M. (2009): Floor *versus* cage rearing: effect on production, egg quality and physical condition of laying hens housed in furnished cages. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 39 (5):1527-1532.

ROUS, J. (1972): Technologická a nutriční hodnota konzumních vajec (The technological and nutritive value of table eggs). Ústav vědeckotechnických informací, Praha, 76 s.

RZASA, J. – EWY, Z. (1970): Effect of vasotocin and oxytocin on oviposition in the hen. *Journal of Reproduction and Fertility*, 21:549-550.

SARICA, M. – BAGA, S. – YAMAK, U.S. (2008): The effect of space allowance on egg yield, egg quality and plumage condition of laying hens in battery cages. *Czech Journal of Animal Science*, 53 (8):346-353.

SAS (2003): *The SAS System for Windows*. Release 9.1.3. SAS Institute Inc.

SASAKI, T. – SHIMADA, K. – SAITO, N. (1998): Changes of AVT levels in plasma, neurohypophysis and hypothalamus in relation to oviposition in the laying hen. *Comparative Biochemistry and Physiology, part A*, 121:149-153.

SCOTT BEYER, R. (2005): *Factors affecting egg quality*. Kansas State University, March 2005.

Dostupné z: <<http://www.ksre.ksu.edu/library/lvstk2/ep127.pdf>>

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. – ULUTAS, Z. – TILKI, M. – SAATCI, M. (2008): The effect of two housing system and storage length on the quality of eggs produced by two lines of laying hens. *Archiv für Geflügelkunde*, 72 (3):106-109.

SEKEROGLU, A. – SARICA, M. – DEMIR, E. – ULUTAS, Z. – TILKI, M. – SAATCI, M. – OMED, H. (2010): Effects of different housing systems on some performance traits and egg qualities of laying hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (12):1739-1744.

SHARP, P.J. (1980): Female reproduction. In: LILLPERS, K. (1991): *Genetic variation in the time of oviposition in the laying hen*. *British Poultry Science*, 32:303-312.

SHI, S.R. – WANG, K.H. – DOU, T.C. – YANG, H.M. (2009): Egg weight affects some quality traits of chicken eggs. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7:432-434.

SILVERSIDES, F.G. – SCOTT, T.A. (2001): Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80:1240-1245.

SILVERSIDES, F.G. – KORVER, D.R. – BUDGELL, K.L. (2006): Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. *Poultry Science*, 85:1136-1144.

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.

Situační a výhledová zpráva (2012): Drůbež a vejce. Vydalo Ministerstvo zemědělství, Praha, 44 s.

Směrnice Evropské komise 1999/74/EC, Úřední list Evropských společenství, č. L 203/53, 1999, s. 53–57.

STURKIE, P.D. – LIN, Y.-C. (1966): Release of vasotocin and oviposition in the hen. *Journal of Endocrinology*, 35:325-326.

SUK, Y.O. – PARK, C. (2001): Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science*, 80:855-858.

SYKES, A.H. (1953): Some observations on oviposition in the fowl. *Experimental Physiology*, 38 (2):61-68.

TAKAHASHI, T. – KAWASHIMA, M. (2008): Mesotocin increases the sensitivity of the hen oviduct uterus to arginine vasotocin. *Poultry Science*, 87:2107-2111.

TAKAHASHI, T. – KAWASHIMA, M. – KAMIYOSHI, M. – TANAKA, K. (1994): Arginine vasotocin receptor binding in the hen uterus (shell gland) before and after oviposition. *European Journal of Endocrinology*, 130:366-372.

TAKAHASHI, T. – OGAWA, H. – INABA, R. – KAWASHIMA, M. (2004): Changes in prostaglandin F concentration in the uterus (shell gland) of the hen oviduct in relation to oviposition and estrogen. *Poultry Science*, 83:1745-1749.

THOMAS, D.V. – RAVINDRAN, V. (2005): Comparison of layer performance in cage and barn systems. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4:554-556.

TŮMOVÁ, E. – EBEID, T. (2005): Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cage and in a litter housing system. *Czech Journal of Animal Science*, 50 (3):129-134.

TŮMOVÁ, E. – LEDVINKA, Z. (2009): The effect of time of oviposition and age weight, egg components weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde*, 73 (2):110-115.

TŮMOVÁ, E. – GOUS, R.M. (2012a): Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poultry Science*, 91:1269-1275.

TŮMOVÁ, E. – GOUS, R.M. (2012b): Interaction between oviposition time, age, and environmental temperature and egg quality traits in laying hens and broiler breeders. *Czech Journal of Animal Science*, 57 (12):541-549.

TŮMOVÁ, E. – ZITA, L. – HUBENÝ, M. – SKŘIVAN, M. – LEDVINKA, Z. (2007): The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*, 52 (1):26-30.

TŮMOVÁ, E. – LEDVINKA, Z. – SKŘIVAN, M. – ENGLMAIEROVÁ, M. – ZITA, L. (2008): Effect of time of oviposition on egg quality in egg and meat type hens. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 39:269-272.

TŮMOVÁ, E. – SKŘIVAN, M. – ENGLMAIEROVÁ, M. – ZITA, L. (2009): The effect of genotype, housing system and collection time on egg quality in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*, 54 (1):17-23.

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.

van den BRAND, H. – PARMENTIER, H.K. – KEMP, B. (2004): Effect of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*, 45 (6):745-752.

VITS, A. – WEITZENBÜRGER, D. – HAMANN, H. – DISTL, O. (2005a): 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.

VITS, A. – WEITZENBURGER, D. – HAMANN, H. – DISTL, O. (2005b): Influence of different small-group-systems on production traits, egg quality and bone breaking strength of laying hens. 1st communication: Production traits and egg quality. *Züchtungskunde*, 77 (4):303-323.

WASHBURN, K.W. – POTTS, P.L. (1975): Effect of strain and age on the relationship of oviposition time to shell strength. *British Poultry Science*, 16:599-606.

WEZYK, S. – KRAWCZYK, J. – CALIK, J. – POLTOWICZ, K. (2006): Relationship between hen age, body weight, laying rate, egg weight and rearing system. 12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10 – 14 September 2006, paper 111.

WRAY, S. (2007): Insights into the uterus. *Experimental Physiology*, 92:621-631.

YANNAKOPOULOS, A.L. – TSERVENI-GOUSHI, A.S. – NIKOKYRIS, P. (1994): Egg composition as influenced by time of oviposition, egg weight, and age of hens. *Archiv für Geflügelkunde*, 58 (5):206-213.

YOO, B.H. – SHELDON, B.L. – PODGER, R.N. (1984): Increase in oviposition interval due to the sex-linked dwarf gene in White Leghorns and Australorps. *British Poultry Science*, 25:119-126.

YOO, B.H. – SHELDON, B.L. – PODGER, R.N. (1988): Genetic parameters for oviposition time and interval in a White Leghorn population of recent commercial origin. *British Poultry Science*, 29:627-637.

ZAKARIA, A.H. – PLUMSTEAD, P.W. – ROMERO-SANCHEZ, H. – LEKSRISOMPONG, N. – OSBORNE, J. – BRAKE, J. (2005): Oviposition pattern, egg weight, fertility, and hatchability of young and old broiler breeders. *Poultry Science*, 84 (9):1505-1509.

ZEMKOVÁ, L. – SIMEONOVÁ, J. – LICHOVNÍKOVÁ, M. – SOMERLÍKOVÁ, K. (2007): The effect of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech Journal of Animal Science*, 52 (4):110-115.

ZITA, L. – TŮMOVÁ, E. – ŠTOLC, L. (2009): Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno*, 78: 85-91.